

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 645

Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken

Januari 2013



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2013

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt
geen aansprakelijkheid voor eventuele schade
voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van
dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central
Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting
Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen
met het Departement Dierwetenschappen van
Wageningen University de Animal Sciences Group
van Wageningen UR (University & Research
centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoeksopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

Present and future possibilities are described to
reduce ammonia emissions from livestock
production in or near Natura 2000 areas.

Keywords

Ammonia emission, dairy cattle, broilers, laying
hens, growing pigs, manure, nutrition,
management, housing

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

M.C.J. Smits
A.J.A. Aarnink
H.H. Ellen
C.M. Groenestein

Titel

Overzicht van maatregelen om de
ammoniakemissie uit de veehouderij te
beperken

Rapport 645

Samenvatting

Huidige en toekomstige maatregelen worden
beschreven die de ammoniakemissie in of nabij
Natura 2000 gebieden kunnen verlagen.

Trefwoorden

Ammoniakemissie, melkvee, vleeskuikens,
leghennen, vleesvarkens, mest, voeding,
management, huisvesting



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

Rapport 645

Overzicht van maatregelen om de ammoniakemissie uit de veehouderij te beperken

M.C.J. Smits

A.J.A. Aarnink

H.H. Ellen

C.M. Groenestein

Januari 2013

Voorwoord

In het kader van het project Proeftuin Natura 2000 wordt gezocht naar ammoniakemissie-reducerende maatregelen in de veehouderij. In dat kader is op een rij gezet wat reeds bekend en beschikbaar is op het gebied van ammoniakemissiereductie. Daarbij zijn ook nog niet onderzochte maatregelen beschreven die mogelijk interessant kunnen zijn voor toepassing in een “proeftuin”.

Dit rapport moet gezien worden als een groeidocument. Veel mogelijk interessante maatregelen zijn nog niet onderzocht. Als de komende jaren uit onderzoek of praktijkpilots blijkt dat nieuwe of reeds beschreven maatregelen al dan niet het beoogde effect hebben, kunnen ze aan het groeidocument worden toegevoegd of eruit worden verwijderd.

Het rapport is gericht op ammoniakemissie reducerende maatregelen bij de diercategorieën melkvee, vleesvarkens, leghennen en vleeskuikens. Maatregelen bij vleeskalveren, biggen, kraamzeugen en guste & dragende zeugen kunnen eventueel in een latere versie uitgewerkt worden.

Het onderzoek is uitgevoerd op verzoek van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken.

Mede namens de co-auteurs,

Michel Smits
Projectleider

Inhoudsopgave

Voorwoord

1	Inleiding	1
2	Maatregelen per diercategorie	2
2.1	Melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar	2
2.1.1	Huisvestingsmaatregelen	2
2.1.1.1	Beschikbare maatregelen	2
2.1.1.2	Maatregelen in onderzoek	5
2.1.1.3	Mogelijke maatregelen	5
2.1.2	Voer- en managementmaatregelen	8
2.1.3	Uitrijden van mest	9
2.1.3.1	Beschikbare maatregelen	9
2.1.3.2	Toedieningsmaatregelen in onderzoek	10
2.1.3.3	Mogelijke maatregelen	10
2.2	Vleesvarkens	12
2.2.1	Huisvestingsmaatregelen	12
2.2.1.1	Beschikbare maatregelen	12
2.2.1.2	Mogelijke maatregelen	16
2.2.2	Voer- en managementmaatregelen	17
2.2.3	Overige maatregelen	18
2.3	Leghennen	19
2.3.1	Huisvestingsmaatregelen	19
2.3.1.1	Beschikbare maatregelen	19
2.3.1.2	maatregelen	21
2.3.2	Voer- en managementmaatregelen	22
2.3.2.1	Mogelijke maatregelen	22
2.4	Vleeskuikens	24
2.4.1	Huisvestingsmaatregelen	24
2.4.1.1	Beschikbare maatregelen	24
2.4.1.2	Mogelijke maatregelen	25
2.4.2	Voer- en managementmaatregelen	29

Literatuur

Bijlage

1 Inleiding

In het kader van het project Proeftuin Natura 2000 wordt gezocht naar ammoniakemissie reducerende maatregelen in de veehouderij. In dat kader was er behoefte aan het op een rij te zetten wat reeds bekend en beschikbaar is op het gebied van ammoniakemissiereductie.

Het doel van Proeftuin Natura 2000 Overijssel is het behoud van agrarisch ontwikkelingsperspectief en de realisatie van Natura 2000 doelstellingen in de provincie Overijssel, met voor heel Nederland inspirerende innovaties. De Proeftuin Natura 2000 Overijssel zorgt voor technische en organisatorische innovatie bij de implementatie van het Natura 2000 en emissiebeleid. Dit door het ontwikkelen van technieken en maatregelen die de ammoniakemissie en -depositie van veehouderijbedrijven verminderen; door kennisuitwisseling tussen veehouders, zodat technieken en maatregelen breder bekend en toegepast worden en door de zogenaamde innovatie-katalysator. Met de innovatie-katalysator wordt ernaar gestreefd dat door intensieve samenwerking tussen praktijk, onderzoek en overheid perspectiefvolle maatregelen ook daadwerkelijk toegepast kunnen worden. Aspecten als monitoring, borging en handhaving komen hier aan de orde. Hiermee draagt de Proeftuin bij aan het versnellen van de toepassing van emissiereducerende technieken op veehouderijbedrijven, aan de versnelling van de reductie van ammoniakdepositie en aan het versterken van het economische ontwikkelingsperspectief van duurzame veehouderijbedrijven in of nabij Natura 2000-gebieden. Dit gebeurt via concrete, praktische maatregelen op bedrijfs- en gebiedsniveau.

Het doel van deze studie is het inventariseren en rapporteren van ammoniakemissie reducerende maatregelen (de gereedschapskist voor de Proeftuin). De focus ligt op maatregelen voor melkvee, vleesvarkens, leghennen en vleeskuikens. In een later stadium kunnen hier andere diersoorten aan worden toegevoegd, zoals vleeskalveren, zeugen en biggen.

Per diercategorie worden in dit rapport eerst de beschikbare maatregelen (opgenomen in de Regeling ammoniak en veehouderij) beschreven. Daarna volgen maatregelen die in onderzoek zijn en ten slotte volgen maatregelen die nog niet in onderzoek zijn maar die wel geïdentificeerd zijn als mogelijk interessant.

2 Maatregelen per diercategorie

2.1 Melk- en kalfkoeien ouder dan 2 jaar

2.1.1 Huisvestingsmaatregelen

2.1.1.1 Beschikbare maatregelen

In tabel 1 zijn de beschikbare maatregelen in de Rav voor melkvee weergegeven met de emissiefactor en of die factor kleiner of gelijk is aan de huidige maximale emissiewaarden in Besluit huisvesting. Aan deze lijst worden enkele malen per jaar nieuwe systemen toegevoegd. Zie voor de meest recente lijst: www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak/stalbeschrijvingen

Voor- en nadelen van maatregelen

Hellende dichte vloeren die de luchtuitwisseling met de mestkelder minimaliseren hebben als voordeel dat de dieren niet aan de gassen uit de mestkelder worden blootgesteld zoals op een roostervloer. Nadeel is dat de dieren op niet geprofileerde vloeren vaker kunnen uitglijden en minder hun natuurlijk gedrag kunnen vertonen doordat ze onzeker op dergelijke vloer staan en lopen. Door de vloer te voorzien van een profilering (groeven) of een elastische toplaag kunnen deze nadelen geheel of gedeeltelijk weggenomen worden. De ammoniakemissie vanaf de vloer kan door het aanbrengen van groeven echter wel enigszins stijgen, doordat in de groeven meer urine vermengd met mest zal achterblijven. Een spoelsysteem zou dit kunnen voorkomen door de vloer regelmatig schoon te spoelen. Het spoelen beperkt tevens het hechten van een mestfilm aan de vloer. Dit laatste kan het risico op ernstigere uitglij-incidenten (vooral op dichte vloeren) beperken. Nadeel is dat de gebruikte spoelvloeistof extra mestopslagcapaciteit kost. Sleufvloeren met gaatjes voor de afvoer van urine kunnen een mindere of vergelijkbare grip opleveren als een roostervloer. Door extra groefjes aan te brengen in het loopvlak kan de beloopbaarheid verder verbeteren. Zoals hiervoor aangegeven, kan dit wel tot extra ammoniakemissie leiden.

Roostervloeren voorzien van bolle kunststof toplagen op de balken en kleppen of cassettes in de roosterspleten kunnen de kelderemissie sterk beperken door de luchtuitwisseling met het keldercompartiment drastisch te verminderen. De vloeremissie wordt beperkt doordat de urine vanaf het bolle loopvlak grotendeels afstroomt, waardoor slechts een geringe hoeveelheid urine op de vloer achterblijft die kan emitteren. Het functioneren van de kleppen en cassettes voor het afsluiten van de roosterspleten is een aandachtspunt; vooral het functioneren op wat langere termijn.

Door toepassing van hellende groeven of hellende gleuven in de vloer kan de urineafvoer verbeterd worden, mits er geen obstructie door vaste mest of voerdeeltjes is. Het effect op de stalemissie zal uit metingen in proefstallen moeten blijken.

Tabel 1. De beschikbare maatregelen in de Rav voor melkvee, met de emissiefactoren (in kg NH₃ per dierplaats per jaar) voor weidegang en zonder weidegang en of dit kleiner of gelijk is aan de huidige maximale emissiewaarden in Besluit huisvesting.

Diercat. Code	Maatregel	Status	Met weidegang	Zonder weidegang	BBT niveau (<=9.5)
A 1.100	Overige huisvestingssystemen	Rav Rav	9.5	11	BBT nee
A 1.3	<i>Kelderafdichting met hellende dichte vloer</i> loopstal met hellende vloer en gier-goot; max. 3 m2 met mest besmeurd oppervlak per koe	Rav Rav	7.5	8.6	BBT+ BBT
A 1.6	Ligboxenstal met dichte hellende vloer, met profilering, met snelle gierafvoer met mestschuif (BWL 2009.11)	Rav Rav	7.5	8.6	BBT+ BBT
A 1.7	Ligboxenstal met dichte hellende vloer, met rubbertoplaag, met snelle gierafvoer met mestschuif (BWL 2009.22 + tekening)	Rav Rav	7.5	8.6	BBT+ BBT
A 1.2	<i>Kelderafdichting met hellende dichte vloer of roostervloer met spoelsysteem</i> loopstal met hellende vloer en giergoot of met roostervloer; beide met spoelsysteem (BWL 2001.28)	Rav Rav	7.5	8.6	BBT+ BBT
A 1.4	Loopstal met hellende vloer en spoelsysteem; max. 3,75 m2 mestbesmeurd oppervlak per koe	Rav Rav	6.8	7.8	BBT+ BBT+
A 1.5	<i>Parallel grooved floor system and perforations for quick urine drainage</i> Loopstal met sleufvloer en mestschuif (Groen Label BB97.05.055)	Rav Rav	7.7	9.2	BBT+ BBT
A 1.8	Ligboxenstal met sleufvloer met noppen en mestschuif (BWL 2010.14)	Rav Rav	7.7	9.2	BBT+ BBT

Diercat. Code	Maatregel	Status	Met weidegang	Zonder weidegang	BBT niveau (<=9.5)
A 1.9	Ligboxenstal met een aangepaste roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtflappen in de roosterspleten	Rav	4.1	4.7	BBT+ BBT+
A 1.10	Ligboxenstal voorzien van een bolle rubber toplaag op een aangepaste roostervloer. (comfort slat mat)	Rav	6.5	7.4	BBT+ BBT+
A 1.11	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatig mestafstorten frequent schuiven	Rav	8.1	9.2	BBT+ BBT
A 1.12	Ligboxenstal met een geprofileerde vlakke vloer met hellende groeven, regelmatig mest afstort en frequent schuiven	Rav	8.3	9.5	BBT+ BBT
A 1.13	Ligboxenstal voorzien van cassettes in de roosterspleten	Rav	7.1	8.1	BBT+ BBT
A 1.14	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven regelmatig mestafstorten, frequent schuiven en dakisolatie	Rav	7.1	8.1	BBT+ BBT+
A 1.15	Ligboxenstal met geprofileerde vlakke vloer met hellende gleuven, regelmatig mestafstorten voorzien van afdichtflappen en frequente mestverwijdering	Rav	7.0	8.0	BBT+ BBT+

2.1.1.2 Maatregelen in onderzoek

Vloeren

Er is bij melkvee veel onderzoek gedaan naar alternatieve vloeren. Dit onderzoek had enerzijds als doelstelling de ammoniakemissie te beperken, maar anderzijds de beloopbaarheid van de vloeren te verbeteren. Door vloerfabrikanten en veehouders wordt momenteel gewerkt aan de ontwikkeling van diverse vloervarianten. Veelal betreft het variaties op de principes die bij eerdere emissiearme vloeren zijn toegepast. Naar verwachting zullen de perspectiefrijke varianten aangemeld worden als proefstal.

Verdunnen mengmest met water; spoelen roosters met water

In ligboxenstallen voor melkvee komt ca. 40 à 50% van de ammoniakemissie uit de mestkelder en ca. 50 à 60% vanaf de roostervloer. Verdunnen van de mest met water is daarom veel effectiever als gelijktijdig de roosters worden gespoeld. Op dit moment zijn er al systemen op de markt die de roosters kunnen spoelen met water (sproeisysteem op mestschuif, sproeisysteem op mestrobot). Voordeel is dat de hygiëne in de stal hierdoor kan verbeteren; vooral de klauwen en het ligbed zullen schoner blijven. Mogelijk neemt ook het aantal vliegen en andere insecten af. Nadeel is dat het mestvolume fors toeneemt, zodat de mestopslag groter moet zijn en er meer m³ mest moet worden toegediend. In een overschotsituatie zal een groter volume mest moeten worden afgevoerd.

Aanzuren mengmest met zwavelzuur (H₂SO₄)

Aanzuren van mest in de kelder is een optie die in het verleden op experimentele schaal is onderzocht in Nederland. In Denemarken is gewerkt aan een praktisch, veilig en betrouwbaar functionerend systeem. Hier wordt in Nederland momenteel ook door de Deense fabrikant aan gewerkt in praktijkpilots. Het aanzuren van de mest in de mestkelder met zwavelzuur is voor melkvee een BBT (best beschikbare techniek) in Denemarken. Voor melkveestallen is de vastgestelde emissiereductie in het BBT-document 50%. Verder onderzoek in Nederland is nodig om dit systeem geschikt te maken voor de Nederlandse markt. Veiligheid- en duurzaamheidsaspecten zullen hierbij aandacht moeten krijgen, b.v. ten aanzien van risico's op H₂S-vorming en corrosie van materialen. De Deense testresultaten bij melkvee (Zhang *et al.*, 2005) zijn verkregen op 1 meetlocatie waar met en zonder aanzuren in een stalsectie is gemeten. De procescontrole en registratie zijn geautomatiseerd en geschikt voor controle en handhaving. Voordeel is dat er ook later in de keten bij mesttoediening met aangezuurde mest minder ammoniak zal emitteren.

Gebruik van drijvende ballen in de mestkelder

Evenals bij varkens is het gebruik van drijvende ballen in de mestkelder ook een optie bij melkvee. Op dit moment is onderzoek naar het effect van drijvende ballen op de ammoniakemissie gaande. Bij varkens wordt slechts een beperkt deel van het hok gebruikt voor mestgedrag. Melkvee bevult de gehele loopvloer met urine en mest. Daardoor zal ook een groot deel van de drijvende ballen in de mestkelder regelmatig voorzien worden van een vers laagje urine. Daarom zal het effect van drijvende ballen bij melkvee waarschijnlijk minder groot zijn dan bij varkens. Aangezien bij melkvee, in tegenstelling tot varkens, de meeste ammoniak vanaf de roostervloer emitteert, zal het effect van drijvende ballen bij melkvee waarschijnlijk ook om die reden lager zijn dan bij varkens.

2.1.1.3 Mogelijke maatregelen

Voor de Maatlat Duurzame Veehouderij (MDV) zijn naast de stalsystemen in de Rav-lijst bij melkvee tijdelijk een aantal (combinaties van) perspectiefvolle emissiebeperkende maatregelen opgenomen in de ammoniakmaatlat. Automatisch gecontroleerde natuurlijke ventilatie (ACNV) en dakisolatie zijn in een aantal recent goedgekeurde proefstallen gecombineerd met een emissiearme vloer. Kelderluchtbehandeling is in een experimentele setting in een gedeelte van een melkveestal oriënterend getest (van Dooren en Smits, 2009), maar er is daarbij geen stalemissie gemeten en er is ook nog geen emissiefactor vastgesteld. Bij vleesklaveren zijn wel stalemissies gemeten in een proef (pilot in een kleine praktijkstal) met en zonder inschakeling van kelderluchtafzuiging (Smits *et al.*, 2008).

In Tabel 2 staan de in de MDV toegestane combinaties van perspectiefvolle maatregelen weergegeven. De effecten op de ammoniakemissie zijn voorzichtig ingeschat. De werkelijke effecten van afzonderlijke maatregelen zullen de komende jaren moeten blijken uit metingen. Kleine effecten die binnen de ruis van de meetfout kunnen zitten, zullen met modelmatige benaderingen

gekwantificeerd moeten worden. Hierna worden de afzonderlijke perspectiefvolle facultatieve onderdelen van de MDV kort beschreven.

Kelderluchtbehandeling (facultatief onderdeel MDV)

De ammoniakemissie uit de (natuurlijk geventileerde) stal wordt beperkt door een hoeveelheid lucht onder de roosters uit de mestkelder af te zuigen en met behulp van een chemisch luchtwassysteem van ammoniak te zuiveren. Voor het afvangen van de ammoniak wordt een chemisch luchtwassysteem met een verwijderingsrendement van ten minste 90 % ingezet. Voordeel van het systeem is dat de luchtkwaliteit in de stal verbeterd wordt doordat de dieren minder blootgesteld worden aan gassen uit de mestkelder. Economisch voordeel is dat de luchtwasser fors kleiner kan zijn dan bij luchtwassing van alle stallucht. Nadeel is dat de emissie van de stalvloer waarschijnlijk niet verminderd wordt. Verder moet er rekening mee worden gehouden dat de kelderlucht niet volledig afgezogen kan worden tenzij een grote onderdruk in de kelder zou worden aangehouden. Dit kan echter alleen gerealiseerd worden indien een relatief grote hoeveelheid lucht afgezogen zou worden, maar dan is geen sprake meer van een kleine luchtwasser. Om de hiervoor genoemde redenen en vanwege het feit dat meer dan 50% van de ammoniakemissie van de vloer afkomstig is, zal de totale stalemissie naar verwachting slechts beperkt afnemen.

ACNV (facultatief onderdeel MDV)

Automatisch gecontroleerde natuurlijke ventilatie (ACNV) kan er enerzijds voor zorgen dat de ventilatie niet beperkt wordt bij hoge temperaturen en lage windsnelheden (om geen hittestress in de hand te werken). Anderzijds kan hiermee de emissie beperkt worden door bij hogere windsnelheden de luchtsnelheid in de stal te beperken. Veiligheid van het oprolmechanisme van gordijnen (afscherming en snelheid van bewegen) is een belangrijke randvoorwaarde. ACNV wordt ook in veel proefstallen met een emissiearme vloer toegepast.

Dakisolatie (facultatief onderdeel MDV)

Door toepassing van dakisolatie wordt de directe warmte-instraling overdag, met name in de zomer, aanzienlijk beperkt. Het gevolg hiervan is een lagere staltemperatuur en dit geeft een reductie van de ammoniakemissie. Deze maatregel is ook toepasbaar in bestaande stallen. Dakisolatie komt ook het dierwelzijn en de productie ten goede omdat het aantal uren met hittestress in de stal wordt beperkt. Dakisolatie wordt ook als onderdeel van veel proefstallen met een emissiearme vloer toegepast.

Roostervloeren met rubber of kunststof toplaag en frequent mestschuiven (facultatief onderdeel MDV)

De ammoniakemissie van de vloer wordt gereduceerd door het vertragen van de vorming van ammoniak uit ureum op de loopvloer door toepassing van roosters met een rubber toplaag (of een ander materiaal met minimaal vergelijkbare eigenschappen wat betreft ammoniakreductie en indrukbaarheid). Rubber heeft een lagere ruwheid en doordringbaarheid dan beton waardoor urease en ammoniak zich minder goed aan het rubber hechten. Daarnaast is een frequente afvoer van de feces (en urine) vanaf de loopvloer naar de onderliggende mestkelder bij deze MDV maatregel vereist. Mest wordt hierbij afgevoerd met een roostermestschuif of een mestrobot/robotschuif.

Vloeren met een indrukbaar loopvlak kunnen bijdragen aan een betere beloopbaarheid. Bij een betere grip op de vloer wordt ook het natuurlijke gedrag (zoals een normale tred, huidverzorging, oestrusexpressie e.d.) minder geremd dan op een vloer waar minder grip op is. Roostervloeren met een rubber- of kunststof toplaag worden ook in proefstallen toegepast. Daarbij wordt door middel van kleppen in de roosterspleten de emissie uit de mestkelder beperkt. Enkele systemen zijn reeds met een voorlopige emissiefactor opgenomen op de Rav lijst.

Ligboxenstal zonder mestopslag en frequente mestafvoer (facultatief onderdeel MDV)

De ammoniakemissie wordt gereduceerd door kelderemissie uit te sluiten en de mest buiten de stal emissiearm op te slaan. Doordat er geen mestopslag in de stal is, wordt de ammoniakemissie uit de mestkelder voorkomen. Voordeel van het systeem is dat de luchtkwaliteit in de stal verbeterd wordt doordat de dieren niet meer blootgesteld worden aan gassen uit de mestkelder.

Tabel 2. Maatregelen die als perspectiefvol zijn opgenomen in de Maatlat Duurzame Veehouderij voor reductie van de ammoniakemissie (in kg NH₃ per dierplaats per jaar) uit ligboxenstallen met drijfmest.

Diercat. Code	Maatregel	Met weidegang	Zonder weidegang	BBT niveau (<=9.5)
MDV 1	kelderluchtbehandeling (roostervloer)	8.55	10.05	BBT+ nee
MDV 1,4	kelderluchtbehandeling en ACNV (roostervloer)	7.6	9.1	BBT+ BBT
MDV 1,5	kelderluchtbehandeling en dakisolatie (roostervloer)	8.55	10.05	BBT+ nee
MDV 1,4,5	kelderluchtbehandeling, ACNV en dakisolatie (roostervloer)	7.6	9.1	BBT+ BBT
MDV 2,4	roosters met rubber toplaag en mestschuif en ACNV	8.55	10.05	BBT+ nee
MDV 2,4,5	roosters met rubber toplaag en mestschuif, ACNV en dakisolatie	8.55	10.05	BBT+ nee
MDV 3	ligboxenstal zonder kelderopslag en frequente mestafvoer	8.55	10.05	BBT+ nee
MDV 3,5	ligboxenstal zonder kelderopslag en frequente mestafvoer en dakisolatie	8.55	10.05	BBT+ nee
MDV 3,4	ligboxenstal zonder kelderopslag en frequente mestafvoer en ACNV	7.6	9.1	BBT+ BBT
MDV 3,4,5	ligboxenstal zonder kelderopslag en frequente mestafvoer, ACNV en dakisolatie	7.6	9.1	BBT+ BBT
MDV 4,5	ACNV en dakisolatie	8.55	10.05	BBT+ nee

2.1.2 Voer- en managementmaatregelen

Voor de melkveehouderij lijkt op dit moment vooral het verlagen van het eiwitgehalte van het voer perspectief te bieden voor een verlaging van de ammoniakemissie. Daarbij geldt wel de randvoorwaarde dat de voorziening van energie en darm verteerbaar eiwit voldoende moet zijn, zodat de melk(eiwit)productie op peil blijft. Op veel melkveebedrijven is de eiwitvoorziening nog ruim boven de behoefte. Er is al veel onderzoek gedaan naar de effecten van eiwitgehalte in het voer op de ammoniakemissie bij melkvee (Frank & Swensson, 2002), ook onder Nederlandse omstandigheden (Smits *et al.*, 1997; Van Duinkerken *et al.*, 2005; Van Duinkerken *et al.*, 2011). Het eiwitgehalte van het rantsoen en het tankmelk-ureumgehalte zijn belangrijke parameters om de emissie te sturen en te monitoren. Naar beide parameters is al vrij uitgebreid onderzoek gedaan. De mogelijkheden om de eiwitvoeding en –benutting via het melkureumgehalte goed te sturen en de factoren die variaties in melkureumgehalten veroorzaken worden op dit moment nader onderzocht in een promotieonderzoek (Spek *et al.*, 2009).

Binnen het project Koeien en Kansen is recent een tool “Bedrijfsspecifieke Emissie van Ammoniak (BEA)” ontwikkeld. Deze tool kan op basis van de ingevoerde management- en voersituatie op een bedrijf een inschatting maken van de ammoniakemissie. De emissie uit stal, opslag, toegediende mest en beweide grasland wordt volgens rekenregels uit Wot-rapport 70 (Velthof *et al.*, 2009) berekend als percentage van de berekende TAN-excretie van de veestapel (kg TAN per jaar; TAN = totale ammoniakale stikstof). TAN wordt vooral gevormd uit ureumstikstof. De TAN-excretie wordt bij melkvee afgeleid uit de ruweiwitopname en de melkeiwitproductie. De berekeningswijze binnen BEA voor het schatten van de ammoniakemissies is nog niet gevalideerd. Door verlaging van de N-input of door bijvoorbeeld minder jongvee aan te houden kan de N-uitscheiding per 100 kg melk verlaagd worden. Ook het gebruik van dierlijke mest en kunstmest (vorm en hoeveelheid) en de verdeling tussen grasland en bouwland alsook de toedieningswijze hebben invloed op de berekende ammoniakemissie met BEA. BEA richt zich niet specifiek op de stal maar neemt emissies in de gehele mestketen mee.

In Tabel 3 worden de meest perspectiefvolle voer- en managementmaatregelen om de ammoniakemissie in melkveestallen te verlagen samengevat. Hierbij is een inschatting gemaakt van de potentiële reductie van de ammoniakemissie. In de paragrafen hierna worden deze maatregelen één voor één uitgebreider beschreven.

Tabel 3. Voer- en managementmaatregelen voor reductie van de ammoniakemissie.

Maatregel	Basis reductie- percentage	Ammoniak- reductie	BBT niveau
Voermaatregelen			
• Verlaging eiwitgehalte	meetrapport	5 – 15 %	niet/BBT
Managementmaatregelen			
• Meer weidegang	berekend	10 – 50 %	BBT/BBT+
• Gecontroleerde luchtstroming in stal en mestkelder	aanbeveling	15 – 30 %	BBT+
• BEA en BEX	aanbeveling	5 – 15%	niet/BBT

Mogelijke voermaatregelen

Rantsoenmaatregelen ter beperking van de N-uitscheiding met urine (U) of feces (F) zijn door Tamminga *et al.*, 2009 kort beschreven. In tabel zijn deze maatregelen weergegeven.

Tabel 4. Rantsoenmaatregelen ter beperking N uitscheiding met urine (U) of feces (F) (naar Tamminga *et al.*, 2009)

Maatregel
U: verlagen RE gehalte rantsoen
U: verhogen van benutting van verteerde ruw eiwit (eiwitvastlegging in melk en/of vlees)
U: verhogen microbiële eiwitproductie in pens
U: verminderen onnodige N verliezen in pens (minder N uitscheiding in urine)
U: vastleggen verteerd voereiwit in dikke darm
F: Optimaliseren van de pensfermentatie;
F: Verbeteren van de verteerbaarheid van het rantsoen zodat minder voer (minder eiwit) nodig is voor productie
F: Optimaliseren van het rantsoen voor maximale melkproductie;
F: Energieaanbod aan de koe verhogen door afstemmen koolhydraat- en eiwit aanbod waardoor op hetzelfde rantsoen meer melkeiwit wordt geproduceerd.

Meer weidegang

Bij weidegang is de totale ammoniakemissie (stal + weide) een stuk lager dan tijdens de stalperiode. In het Guidance Document van Annex IX (Anonymous, 2010) wordt gesteld dat een NH₃-emissiereductie kan worden verkregen door toename van het aantal weidedagen per jaar. De hoogte van de emissiereductie hangt daarbij volgens dit document af van het niveau van ammoniakemissie zonder weidegang, de weideduur en het N-bemestingsniveau van het grasland. Er wordt op gewezen dat door weidegang andere vormen van N-emissies (zoals nitraat en lachgas) kunnen toenemen. Gezien het belang van het naleven van de nitraatrichtlijn ligt het voor de Nederlandse omstandigheden niet voor de hand om meer dagen weidegang als emissiereducerende maatregel op te nemen.

Gecontroleerde luchtstromen in mestkelder

Uit onderzoek van Monteny (2000) blijkt dat de luchtstroming in de mestkelder een belangrijke invloed kan hebben op de ammoniakemissie. Vooral koudeval in de mestkelder kan de ammoniakemissie belangrijk verhogen. Maatregelen die deze koudeval voorkomen of verminderen kunnen daarom de ammoniakemissie verlagen. Er is echter meer onderzoek nodig om hier inzicht in te krijgen. Daarnaast kan de lucht ook gericht worden afgezogen uit de mestkelder. Deze deelstroom van de totale ventilatielucht in de stal kan vervolgens worden gezuiverd met een luchtwassysteem. Vergelijkbaar onderzoek bij vleeskalveren gaf perspectievolle resultaten (Smits *et al.*, 2008). Het voordeel van het gecontroleerd afzuigen van de kelderlucht is dat slechts een deelstroom van de lucht hoeft te worden gereinigd, waardoor de luchtwasser veel kleiner kan worden uitgevoerd dan bij zuivering van alle uitgaande stallucht.

*2.1.3 Uitrijden van mest**2.1.3.1 Beschikbare maatregelen*

De beschikbare maatregelen bij mesttoediening zijn elders uitvoeriger beschreven (Huijsmans & Vermeulen, 2008; Tamminga *et al.*, 2009; Oltmer *et al.*, 2010) en worden reeds op grote schaal toegepast. Emissiearme mesttoediening heeft al een forse emissiereductie op nationale schaal opgeleverd. Naast nauwkeurig(er) werken kan door de meest effectieve maatregelen toe te passen nog winst bereikt worden. De hoeveelheid mest die bovengronds (op het bodemoppervlak of bovenop het gewas) terecht komt levert aanmerkelijk grotere verliezen op dan de mest die in de toplaag van de bodem terecht komt.

Tabel 5. Beschikbare toedieningsmethoden, de ammoniakemissiereductie ten opzichte van bovengrondse toediening (% reductie) en de ammoniakemissie uitgedrukt als percentage van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof (% van toegediende $\text{NH}_4\text{-N}$).

Toedieningsmethode	% reductie	Emissie (% van toegediende $\text{NH}_4\text{-N}$)
GRASLAND		
Bovengronds	0	74
Zodenbemesting	74	19
Sleufkouter	70	22.5
Sleepvoet	65	26
BOUWLAND		
Bovengronds	0	69
direct inwerken	68	22
onderwerken in 2e werkgang	33	46
volledig bedekken	97	2

2.1.3.2 Toedieningsmaatregelen in onderzoek

In tabel 6 zijn maatregelen opgesomd die in onderzoek zijn. Hier is nog weinig of niet aan gemeten; de in tabel vermelde percentages zijn dus grove indicaties.

Tabel 6. Ammoniakemissie-reducerende maatregelen in onderzoek

Maatregel	% reductie
Anticiperen op weersomstandigheden (bij lage windsnelheden en volledig bewolkt of neerslag)	≤ 30
Bewerkte mest toepassen (grasland/ bouwland met gewas)	50-80
Mest in stroken op de grond in wintergraan	30-40
Mest in ondiepe sleuven in wintergraan	50-70

2.1.3.3 Mogelijke maatregelen

In tabel 7 zijn maatregelen opgesomd die in de toekomst misschien mogelijk zijn. Deze maatregelen zijn uitvoeriger beschreven in Tamminga *et al.*, 2009; Huijsmans & Vermeulen 2008; Groenestein *et al.*, 2010 en Groenestein *et al.*, 2011.

Bij een specifieke combinatie van weersomstandigheden zijn de emissies bij bovengrondse toediening te reduceren tot een niveau dat in de buurt komt van de emissies die bij een emissiearme techniek onder gemiddelde weersomstandigheden wordt bereikt; dit zijn omstandigheden met lage windsnelheden, volledig bewolkt weer en/of bij neerslag (Tamminga *et al.*, 2009). Het is vooralsnog niet mogelijk precies aan te geven bij welke grenzen van meteorologische grootheden de vereiste reducties bereikt kunnen worden. Op basis van weersfrequentietabellen, de praktijk van mesttoediening en de totale hoeveelheid uit te rijden mest kan slechts een klein deel van de mest onder sterk emissie reducerende weersomstandigheden worden toegediend. Verder is een borging voor een vereiste emissiebeperking bij bovengronds toedienen onder bepaalde (weer)omstandigheden niet te garanderen (Tamminga *et al.*, 2009). Bij toepassing van emissiearme toedieningstechnieken zijn de mogelijkheden om dit te combineren met emissie-reducerende weersomstandigheden ook beperkt. Weersomstandigheden die de emissie beperken overlappen grotendeels met de condities die de verspreiding van ammoniak beperken: de beperkte hoeveelheid

ammoniak die vervluchtigt zal bij lage windsnelheden en bij neerslag voor een groot deel op korte(re) afstand weer gedeponeerd worden. In de landbouwpraktijk wordt van oudsher deels al geanticipeerd op dit type weer. De emissiereductie die hier nog behaald kan worden is dus zeer beperkt. Gewas- en bodemcondities bij toediening van drijfmest, beperking van het kunstmestgebruik en toepassing van vloeibare kunstmest kunnen ook bijdragen aan een lagere ammoniakemissie uit toegediende drijfmest.

Tabel 7. Maatregelen die in de toekomst misschien mogelijk zijn (ontleend aan Groenestein *et al.*, 2010)

Maatregel (per categorie)	% reductie
weer: lagere windsnelheid	pm
weer: minder straling, lagere temperatuur, hogere relatieve vochtigheid	pm
weer: regen	pm
gewas: hoger gewas	pm
gewas: rassenkeuze gras	pm
bodem: drogere bodem	pm
bodem: lossere bodemstructuur (minder verdichting)	pm
diversen: precisiebemesting	pm
Diversen: minder kunstmest toedienen	pm
Diversen: vloeibare kunstmest (evt. met ureaseremmer)	pm

Windrichting

Een theoretische mogelijkheid die samenhangt met verspreiding van ammoniak en die nog niet eerder beschreven is, betreft het anticiperen op de windrichting bij het toedienen van de mest nabij gevoelige natuur. Zo zou bij westenwind het uitrijden van mest ten oosten van een natuurgebied geen implicaties hebben en andersom bij oostenwind zou het toedienen van mest ten westen van een gevoelig natuurgebied op zo'n gebied geen impact hebben. Dit zou alleen bij stabiele weersomstandigheden een optie kunnen zijn. Vaak neemt de windsnelheid 's nachts af en is de windrichting dan meer variabel. Bovendien treden ook overdag vaak variaties in windrichting op. Daarom is deze maatregel niet erg robuust. Andersom zou de maatregel gedefinieerd kunnen worden: percelen nabij gevoelige natuur niet bemesten als de wind gericht staat op die gevoelige natuur of als volgens de weersverwachting de wind daar de eerste dagen na mesttoediening naartoe draait.

Door verschillende maatregelen te combineren bij het emissiearm toedienen van mest kan –in theorie– een verdere emissiereductie bereikt worden. Tabel 8 geeft indicaties van te verwachten emissiereducties bij toekomstige mogelijkheden van combinaties van emissie-reducerende maatregelen.

Tabel 8. Te verwachten emissiereducties bij toekomstige mogelijkheden van combinaties van emissie reducerende maatregelen.

Maatregel	% reductie
Aangezuurde mest EN toedieningstechniek met lage emissie	70-95
Weersomstandigheden en toedieningstechniek	70-90
Hoge kwaliteit zodebemesting of inwerken bouwland	70-90
Hoge kwaliteit zodebemesten of smalle strook toediening op grasland	60-90
Mesttoediening in gewassen (aardappelen, mais)	>70
Bewerkte mest, vergisting, toedieningshoeveelheid (dosering) en toedieningstechniek met lage emissie	60-80
Vaste mest toediening (grasland) en onderwerken (bouwland)	70

Tabel 9 geeft indicaties van reductiepercentages bij emissiearme maatregelen in combinatie met bovengrondse mesttoediening. Reductiepercentages bij combinatie met andere toedientechnieken dan bovengronds zijn niet bekend. Het effect zal bij andere technieken kleiner zijn omdat mest dan

deels al niet aan het oppervlakte zit. Het verdunnen van mest kan ook in de stal al een emissiereductie opleveren. De controle en handhaving van het verdunnen van de mest voor mesttoediening is echter problematisch. Het DS-gehalte van de mest varieert namelijk van nature al zeer sterk.

Tabel 9. Te verwachten emissiereducties bij emissiearme maatregelen in combinatie met bovengrondse mesttoediening

Maatregel	% reductie
Verdunnen van mest (handhaving problematisch)	
1 deel mest op 3 delen water, bij bovengrondse toediening t.o.v. onverdund bovengronds	18-73
Inregenen van bovengronds toegediende mest	45-89
Aangezuurde mest, bovengronds breedwerpig toegediend	
pH 4,5	85
pH 5,0	72
pH 6,0	55

Het effect op de ammoniakemissie van toepassing van mineralenconcentraten is nog niet eenduidig aan te geven. De vloeibare (waterige) eigenschappen van het concentraat en de lage dosering per hectare kunnen een emissie-reducerend effect hebben, maar de hoge ammoniumconcentratie in het concentraat en de beperkte inspoeling bij een lage dosering kunnen een emissie-verhogend effect hebben (Huijsmans & Hol, 2011).

2.2 Vleesvarkens

2.2.1 Huisvestingsmaatregelen

2.2.1.1 Beschikbare maatregelen

In tabel 10 zijn de beschikbare maatregelen in de Rav voor vleesvarkens weergegeven met de emissiefactor en of die factor kleiner of gelijk is aan de huidige maximale emissiewaarden in Besluit huisvesting. Aan deze lijst worden enkele malen per jaar nieuwe systemen toegevoegd. Zie voor de meest recente lijst de hyperlink: www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak/stalbeschrijvingen.

Naast huisvestingsmaatregelen in de stal zijn diverse zogenaamde nageschakelde technieken beschikbaar in de vorm van chemische, biologische en gecombineerde luchtwassers. Voordeel van luchtwassers is dat de emissiereductie hoog is. Nadelen zijn dat de luchtkwaliteit in de stal niet verbetert en dat het energieverbruik toeneemt. Veel huisvestingsmaatregelen zijn gericht op het verkleinen van het emitterende oppervlak. Naast de vloeroppervlakte en vloeruitvoering gaat het daarbij om de oppervlakte van de mestkelder. Door mestkelders met schuine putwanden uit te voeren kan het emitterend oppervlak worden verkleind. Het gescheiden afvoeren van feces en urine via mestbanden geeft ook een verlaging van de ammoniakemissie. Koeling van de mest is een andere mogelijkheid. Recentelijk is voor vleesvarkens in de Rav onder additionele technieken een systeem opgenomen met drijvende ballen in de mest. Dit systeem geeft een emissiereductie van 29%. Voordeel van deze maatregel is dat het eenvoudig is toe te passen. Mogelijk nadeel is dat de ballen in de kelder moeilijk te reinigen zijn en dat er geleidelijk steeds meer feces aan kan hechten, waardoor de ballen uiteindelijk niet meer kunnen bewegen en ook moeilijk verwijderd kunnen worden.

Bij gebruik van mestbanden wordt een primaire scheiding van dunne en dikke mestfractie gerealiseerd. Dit kan verderop in de mestketen ook aantrekkelijk zijn, bij afvoer van de fracties en eventueel bij verdere bewerking van die fracties tot hoogwaardige(re) meststoffen. Bij koeling van mest kan de afgevoerde warmte voor andere doeleinden benut worden.

Tabel 10. Beschikbare maatregelen voor ammoniakreductie (in kg NH₃ per dierplaats per jaar) bij vleesvarkens (opgenomen in de Rav).

Rav code	Maatregel	Ammoniak-emissie	BBT niveau
D 3.100	Overige huisvestingssystemen		
D 3.100.1	hokoppervlak ≤ 0,8 m ²	2.5	nee
D 3.100.2	hokoppervlak > 0,8 m ²	3.5	nee
D 3.2.2	mestopvang in en spoelen met NH ₃ -arme vloeistof (inclusief aanzuren)		
D 3.2.2.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ² (Groen Label BB 93.06.010V1; BB 93.11.011; BB 93.11.011/A 95.04.024) ⁵	1.4	BBT
D 3.2.2.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m² (BWL 2001.24) 5	2.0	Nee
D 3.2.3	koeldekstelsysteem met metalendriekantroostervloer (170% koeloppervlak)		
D 3.2.3.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m² (BWL 2010.18.V1) 5	1.4	BBT
D 3.2.3.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m² (BWL 2001.25.V1) 5	2.0	Nee
D 3.2.4	mestopvang in met formaldehyde behandelde mestvloeistof in combinatie met metalen driekantroostervloer (Groen Label BB 95.02.025V2)		
D 3.2.4.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ² ⁵	0.8	BBT+
D 3.2.4.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ² ⁵	1.1	BBT+
D 3.2.5	mestopvang in water in combinatie met metalen driekantroostervloer (Groen Label BB 95.10.029V3)		
D 3.2.5.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m ² ⁵	1.1	BBT+
D 3.2.5.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m ² ⁵	1.5	Nee
D 3.2.6	koeldekstelsysteem (200% koeloppervlak)		
D 3.2.6.1	met metalenroostervloer		
D 3.2.6.1.1	emitterend mestoppervlak maximaal 0,8 m ² (BWL 2010.19.V1) 5	1.2	BBT+
D 3.2.6.1.2	emitterend mestoppervlak maximaal 0,5 m² (BWL 2004.08.V1) 5	1.0	BBT+
	met roostervloer anders dan metaal		
D 3.2.6.2.1	emitterend mestoppervlak maximaal 0,6 m ² (BWL 2010.20.V1) 5	1.4	BBT
D 3.2.6.2.2	emitterend mestoppervlak groter dan 0,6 m², doch kleiner dan 0,8 m² (BWL 2001.01.V1) 5	2.0	Nee
D 3.2.7	mestkelders met (water- en) mestkanaal; mestkanaal met schuine putwand		
D 3.2.7.1	met metalen driekantroosters op het mestkanaal		
D 3.2.7.1.1	emitterend mestoppervlak maximaal 0,18 m ² (Groen Label BB 97.07.056V2; (BWL 2004.03.V1) ⁵	1.0	BBT+
	BB 97.07.056/A 97.11.059V2) 5	1.0	BBT+
D 3.2.7.1.2	emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 m ² , maar kleiner dan 0,27 m ²	1.4	

Rav code	Maatregel	Ammoniak-emissie	BBT niveau
	(Groen Label BB 97.07.056V2; (BWL 2004.04.V1) ⁵		BBT
	BB 97.07.056/A 97.11.059V2) 5	1.4	BBT
D 3.2.7.2	met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal		
D 3.2.7.2.1	emitterendmestoppervlakmaximaal 0,18 m2 ((BWL 2004.05.V1) 5	1.2	BBT+
D 3.2.7.2.2	emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 m2, maar kleiner dan 0,27 m2 (BWL 2010.10.V1) 5	1.5	Nee
D 3.2.8	biologischluchtwassysteem 70% emissiereductie (BWL 2008.05.V1; BWL 2007.03.V2)		
D 3.2.8.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m2	0.8	BBT+
D 3.2.8.2	hokoppervlakgroterdan 0,8 m2	1.1	BBT+
D 3.2.8	biologisch luchtwassysteem 70% emissiereductie (zie eindnoot 3 (BWL 2008.01.V1; BWL 2008.02.V1; BWL 2008.03.V1; BWL 2008.04.V1; BWL 2004.01.V2; BWL 2006.02.V1; BWL 2008.12.V1; BWL 2009.20; BWL 2009.21)		
D 3.2.8.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m2 ^{3,5}	0.8	BBT+
D 3.2.8.2	hokoppervlakgroterdan 0,8 m2 ^{3,5}	1.1	BBT+
D 3.2.9	chemischluchtwassysteem 70% emissiereductie (BWL 2008.06.V1; BWL 2008.07.V1; BWL 2004.02.V2; BWL 2005.01.V2; BWL 2006.04.V1; BWL 2006.05.V1; BWL 2009.01.V1)		
D 3.2.9.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m2 ^{3,5}	0.8	BBT+
D 3.2.9.2	hokoppervlakgroterdan 0,8 m2 ^{3,5}	1.1	BBT+
D 3.2.10	bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster		
D 3.2.10.1	hokoppervlak maximaal 0,8 m2 (BWL 2001.26.V1) 5	1.4	BBT
D 3.2.10.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m2 (BWL 2001.27.V1) 5	2.0	Nee
D 3.2.11	hok met gescheidenmestkanalen		
D 3.2.11.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m2 (BWL 2001.02) 5	1.8	Nee
D 3.2.11.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m2 (BWL 2001.03) 5	2.5	Nee
D 3.2.12	spoelgotensysteem met metalendriekantroosters (Groen Label BB 98.10.064)		
D 3.2.12.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m2 ⁵	1.0	BBT+
D 3.2.12.2	hokoppervlakgroterdan 0,8 m2 ⁵	1.3	BBT
D 3.2.13	spoelgotensysteem met roosters		
-	(Groen Label BB 98.10.065; BB 98.10.065/A 99.11.079V1)		
D 3.2.13.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m2 ⁵	1.2	BBT+
D 3.2.13.2	hokoppervlakgroterdan 0,8 m2 ⁵	1.5	Nee
D 3.2.14	chemischluchtwassysteem 95% emissiereductie		
-	(BWL 2008.08.V1; BWL 2008.09.V2; BWL 2007.05.V2)		
D 3.2.14.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m2 ^{3,5}	0.1	BBT++

Rav code	Maatregel	Ammoniak-emissie	BBT niveau
D 3.2.14.2	hokoppervlakgroter dan 0,8 m ² ^{3,5}	0.2	BBT++
D 3.2.15	luchtwassersystemen anders dan biologisch of chemisch		
D 3.2.15.1	gecombineerd luchtwassersysteem 85% emissiereductie met chemische wasser (lamellenfilter) en waterwasser (BWL 2006.14.V2)		
D 3.2.15.1.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m ² ^{3,5}	0.4	BBT+
D 3.2.15.1.2	hokoppervlakgroter dan 0,8 m ² ^{3,5}	0.5	BBT+
D 3.2.15.2	gecombineerd luchtwassersysteem 70% emissiereductie met waterwasser, chemische wasser en biofilter (BWL 2006.15.V2)		
D 3.2.15.2.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m ² ^{3,5}	0.8	BBT+
D 3.2.15.2.2	hokoppervlakgroter dan 0,8 m ² ^{3,5}	1.1	BBT+
D 3.2.15.3	gecombineerd luchtwassersysteem 85% emissiereductie met waterwasser, chemische wasser en biofilter (BWL 2007.01.V2)		
D 3.2.15.3.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m ² ^{3,5}	0.4	BBT+
D 3.2.15.3.2	hokoppervlakgroter dan 0,8 m ² ^{3,5}	0.5	BBT+
D 3.2.15.4	gecombineerd luchtwassersysteem 85% emissiereductie met watergordijn en biologische wasser (BWL 2007.02.V1 ; BWL 2010.02 ; BWL 2009.12) <i>BWL 2007.02.V1 of BWL 2010.02:</i>		
D 3.2.15.4.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m ² ^{3,5}	0.4	BBT+
D 3.2.15.4.2	hokoppervlakgroter dan 0,8 m ² ^{3,5}	0.5	BBT+
	<i>BWL 2009.12:</i>		
D 3.2.15.4.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m ² ^{3,5}	0.4	BBT+
D 3.2.15.4.2	hokoppervlakgroter dan 0,8 m ² ^{3,5}	0.5	BBT+
D 3.2.16	gescheiden afvoer van mest en urine door middel van een V-vormige mestband in het mestkanaal met metalen driekant roosters op het mestkanaal		
D 3.2.16.1	hokoppervlakmaximaal 0,8 m² (BWL 2008.10) 5	0.9	BBT+
D 3.2.16.2	hokoppervlak groter dan 0,8 m² (BWL 2008.11) 5	1.2	BBT+
D 3.3	scharrelvleesvarkens		
D 3.3.1	beddenstal met maximaal 0,14 m² emitterend mestoppervlak per dier tot 50 kg levend gewicht en met maximaal 0,29 m² emitterend mestoppervlak per dier vanaf 50 kg levend gewicht (BWL 2001.30) 5	1.9	Nee
D 3.3.2	Overage huisvestingsystemen scharrelvleesvarkens ⁵	3.0	Nee

2.2.1.2 Mogelijke maatregelen

Bij vleesvarkens zijn recent diverse mogelijke, eenvoudige huisvestingsmaatregelen op een rij gezet (Aarnink *et al.*, 2010). Het aanbrengen van een stankslot in stallen met volledige onderkeldering is een goede eenvoudige maatregel. Veel stallen zijn volledig onderkelderd. Als het volledig oppervlak van de mest aan de lucht wordt blootgesteld geeft dit een groot emitterend oppervlak en daardoor een hoge ammoniakemissie. Door deze maatregel wordt voorkomen dat de mest onder de dichte vloer in direct contact staat met de stallucht, waardoor het emitterend oppervlak en daarmee de ammoniakemissie afneemt. Het aanbrengen van een schuine plaat in het mestkanaal (resultierend in een max. emitterend mestoppervlakte $< 0,27 \text{ m}^2/\text{dierplaats}$) is ook een goede, eenvoudige maatregel die in bestaande stallen kan worden toegepast. Deze maatregel staat in de Rav in combinatie met een rioleringsysteem. Het rioleringsysteem lijkt niet essentieel om de ammoniakemissie te beperken, als op een andere manier de mest automatisch wordt afgelaten wanneer deze boven een bepaald niveau uitkomt (zodat de emitterende oppervlakte niet groter wordt dan $0,27 \text{ m}^2/\text{dierplaats}$).

Het verdunnen van mest met een aanzienlijke hoeveelheid water (toevoeging van tenminste 1 m^3 water/jaar per vleesvarken) is ook een eenvoudige effectieve maatregel. Nadeel is een forse toename van het mestvolume. Dit is een variant op het 'Cevardo-systeem met water' (Rav-code D3.2.5; Groen Label BB 95.10.029V3). Hierbij moet na het afvoeren van de mest de mestkelder halfvol met water worden gezet. Het waterverbruik dient minimaal 1 m^3 per dierplaats per jaar te bedragen en het drogestofgehalte van de mest mag niet hoger zijn dan 7,0%. In het 'Cevardo-systeem met water' wordt de mest afgevoerd middels een rioleringsysteem. In traditionele stallen is veelal geen rioleringsysteem aanwezig. In dit systeem mogen willekeurige afvoersystemen worden toegepast. Het water en de mest moeten echter wel in het mestkanaal opgeslagen kunnen worden. Als de mestkelder vol is, moet deze in één keer volledig leeg gemaakt kunnen worden, waarna de kelder opnieuw halfvol met water wordt gezet ($> 1 \text{ m}^3$ water/jaar per vleesvarken). Deze maatregel kan vooral interessant zijn voor veehouders met voldoende grond nabij of op het bedrijf om de mest af te voeren, zodat het grote mestvolume geen hoge transportkosten geeft.

Het koelen van de inkomende lucht om de gemiddelde staltemperatuur te verlagen van 21 naar 19°C is een interessante reductiemaatregel. Er zijn een aantal systemen op de markt die de inkomende lucht kunnen koelen. We nemen als uitgangspunt dat het koelsysteem de 2°C lagere temperatuur kan bereiken met een maximale ventilatiecapaciteit van $40 \text{ m}^3/\text{uur}$ in plaats van $70 \text{ m}^3/\text{uur}$, zoals in een normale situatie. Het gemiddelde ventilatiedebiet neemt daardoor naar verwachting af van gemiddeld 27 naar $22 \text{ m}^3/\text{uur}$ per vleesvarken. Uit deze gegevens en uit de effecten voor staltemperatuur en ventilatie, kan berekend worden dat de ammoniakemissie als gevolg van de koeling dan met ca. 14% daalt. Dit is een relatief dure maatregel. Het koelsysteem is een fysieke unit, dus bij controle is direct goed te zien of die al dan niet aanwezig is. Of deze ook goed wordt toegepast is misschien wat minder goed te controleren. Belangrijk pluspunt is dat de varkenshouders ook voordeel hebben van het systeem, namelijk een betere productie en minder hokbevuiling.

Uit onderzoek blijkt dat metalen driekantrasters de ammoniakemissie significant kunnen reduceren ten opzichte van standaard betonnen roosters. Dit komt ook tot uiting in de Rav-lijst.

Het aanzuren van mest tot een pH lager dan 6 (permanent < 6) is een zeer effectieve maatregel. Een aanzuursysteem met zwavelzuur is uitgebreid onderzocht in Denemarken. Het principe van dit systeem is dat de ammoniak in de mengmest wordt gebonden door de pH van de mengmest onder een bepaalde waarde te brengen ($< 6,0$). De pH wordt verlaagd door toevoeging van zwavelzuur aan de mest in een tussenopslagtank buiten de stal. Regelmatig wordt de verse mest in de stal weggespoeld met de aangezuurde mest en wordt een laagje aangezuurde mest in de mestkelder gezet om de verse mest in op te vangen.

Tabel 11 Eenvoudige huisvesting-maatregelen voor ammoniakreductie bij varkens (ontleend aan Aarnink *et al.*, 2010)

Huisvestingsmaatregel	Status	Ammoniakreductie	BBT niveau
• Verkleining emitterend kelderoppervlak	R&D	15 – 50 %	niet*
• Verdunnen met water	model	30 – 50 %	niet*
• Hogere wateropname	model	5 – 10 %	niet*
• Staltemperatuur verlagen door meer ventileren	model	5 – 10 %	niet*
• Koeling inkomende lucht	model	10 – 20 %	niet*
• Betonnen roosters vervangen door metalen roosters	R&D	5 – 20 %	niet*
• Balansballen	RAV	20 – 40 %	niet*
• Deelafzuiging lucht uit mestkelder i.c.m. luchtwasser		25-50%	BBT
• Aanzuren met H ₂ SO ₄	R&D	50 – 70 %	ja

Deze maatregelen kunnen in combinatie met andere maatregelen het BBT niveau bereiken.

2.2.2 Voer- en managementmaatregelen

Bij vleesvarkens is verlaging van het eiwitgehalte in het voer met 15 tot 30 g/kg ten opzichte van standaard voer mogelijk (Aarnink en Verstegen, 2007; Aarnink *et al.*, 2010; Smits *et al.*, 2012). De verlaging in ammoniakemissie wordt bereikt door een verlaagd ammoniumgehalte van de mengmest en door een verlaagde pH van de mengmest. Het effect van het eiwitgehalte in het voer op de ammoniakemissie is vrij uitgebreid onderzocht. Gemiddeld werden reducties bij vleesvarkens gevonden van ca. 10-12,5% bij elke 10 g/kg verlaging van het eiwitgehalte in het voer. Het eiwitgehalte van het voer kan bij vleesvarkens vanaf ca. 40 kg tegen niet al te grote meerkosten worden verlaagd van ca. 160 g/kg (referentieniveau) naar ca. 135 – 140 g/kg. Bij jonge vleesvarkens tot 40 kg liggen de eiwitgehalten ca. 10 g/kg hoger.

Het toevoegen aan het voer van 1% benzoëzuur is ook een adequate voermaatregel. Benzoëzuur geeft een verzuring van de urine en daarmee van de mengmest, waardoor ammoniak minder snel vervluchtigt. Aan vleesvarkensvoer mag maximaal 1% benzoëzuur worden toegevoegd. Het effect van toevoeging van benzoëzuur (VevoVital®) aan het voer op de ammoniakemissie is volgens het officiële meetprotocol onderzocht. Uit dit onderzoek is gebleken dat toevoeging van 1% benzoëzuur in het voer bij vleesvarkens de ammoniakemissie met gemiddeld 15,8% (± 4,2%) verlaagde (Aarnink *et al.*, 2008).

Tabel 12 Voermaatregelen voor ammoniakreductie bij varkens (ontleend aan Aarnink *et al.*, 2010).

Voermaatregel	status	Ammoniakreductie	BBTniveau
Verlaging eiwitgehalte	R&D	10 – 30 %	niet*
Toevoeging benzoëzuur (VevoVital®)	dossier	8 – 20 %	niet*
Fermenteerbare koolhydraten (NSP)	rapport	5 – 25 %	niet*
Kation/anion balans	rapport	5 – 10 %	niet*

Deze maatregelen kunnen in combinatie met andere maatregelen het BBT niveau bereiken.

Van al deze maatregelen in tabel 12 is het effect op de ammoniakemissie vrij goed onderzocht voor vleesvarkens. Voor benzoëzuur (VevoVital®) is bij vleesvarkens de maximale dosering 1,0%; bij gespeende biggen is de maximale dosering 0,5%. Hiervan is het effect op de ammoniakemissie nog niet vastgesteld.

Opname van (extra) fermenteerbare koolhydraten ofwel niet-zetmeel koolhydraten (NSP) aan het voer heeft op twee manieren invloed op de ammoniakemissie:

1. het zorgt voor een verschuiving van N-uitscheiding via de urine naar N-uitscheiding via de feces;
2. het zorgt voor een verlaging van de pH van de mengmest door een toename van het gehalte aan vluchtige vetzuren.

Door verschillende onderzoeken van Canh e.a. te combineren (Canh *et al.*, 1998b; Canh *et al.*, 1998c; Canh *et al.*, 1998d) komen we op de volgende schatting van NSP-gehalte op de ammoniakemissie: voor elke toename van het NSP-gehalte met 100 g/kg neemt de ammoniakemissie af met 10%. Dit effect is o.a. afhankelijk van de soort NSP. Nadelen van het verhogen van het NSP-gehalte in het voer zijn: 1) de verteerbaarheid van de voercomponenten neemt af, waardoor de mestuitscheiding toeneemt (Moeser en Van Kempen, 2002); 2) de emissie van methaan neemt toe (Kirchgessner *et al.*, 1991). Verhoging van het NSP-gehalte lijkt vooral een optie te zijn voor gaste en dragende zeugen en minder voor snel groeiende dieren (biggen, vleesvarkens) of dieren die moeilijk voldoende energie kunnen opnemen (zogende zeugen). Voor gaste en dragende zeugen heeft het voeren van voer met een hoog gehalte aan NSP's een gunstige invloed op het welzijn, vanwege het verzadigd gevoel dat deze NSP's geven.

Een verlaging van de kation/anion balans geeft een verlaging van de urine-pH en daarmee een verlaging van de pH en de ammoniakemissie van de mengmest. De kation/anion balans kan op de volgende manieren worden gedefinieerd:

- Na + K – Cl (EB)
- Na + K – Cl – S (EBS)

Daarnaast kunnen ook nog andere elektrolyten worden opgenomen in de balans. Naast vervanging van CaCO_3 door CaCl_2 of CaSO_4 kan EBS tevens verlaagd worden door het Na- of K-gehalte in het voer te verlagen. Op basis van onderzoek van Canh *et al.* (1998a) wordt ingeschat dat bij elke verlaging van EBS met 100 mEq per kg ds voer de ammoniakemissie met 7% daalt. Het effect van CaCO_3 door CaCl_2 of CaSO_4 is groter dan voornoemd effect, aangezien een base (CO_3^{2-}) wordt vervangen door een zuur. De kation/anion balans mag niet te laag zijn, aangezien dan processen in het lichaam op gang komen om het zuur in bloed en urine te neutraliseren (o.a. ontkalking).

2.2.3 Overige maatregelen

Tabel 13 Managementmaatregelen voor ammoniakreductie bij varkens (ontleend aan Aarnink et al., 2010).

Managementmaatregel	status	Ammoniak-reductie	BBTniveau
Minder dieren in stal; afdelingen leeg laten	model	10 – 50 %	niet*
Minder dieren in stal; groter oppervlak per dier	model	2 – 5 %	niet*
Betere groei (bij gelijke voeropname)	model	2 – 6 %	niet*
Betere voerconversie (bij gelijke groei)	model	2 – 4 %	niet*
Mesten van beren	model	2 – 5 %	niet*
Eerderafleveren	model	15 – 25 %	niet*
Doorschuiven van vleesvarkens	berekend	Ca. 20 %	niet*

Deze maatregelen kunnen in combinatie met andere maatregelen het BBT niveau bereiken.

Minder dieren in stal; afdelingen leeg laten

Door structureel minder dieren op te leggen kan een emissiereductie bewerkstelligd worden door afdelingen leeg te laten die dan niet emitteren. Emissies vanuit mestkelders kunnen nog lang voortgaan als er geen dieren in een hok of afdeling zijn. Daarom moet bij deze maatregel volledige leegstand van stal en mestkelder (gehele mestkanaal dat in verbinding staat met de stalruimte) gerealiseerd worden.

Wanneer vanwege welzijnseisen de minimale oppervlakte per dier van zware vleesvarkens wordt verhoogd naar 1 m² (o.a. vlees met 1 ster van het Beter Leven kenmerk van de Dierenbescherming) en het aantal dierplaatsen evenredig wordt verminderd kan het effect hiervan worden afgeleid uit de dieraantallen en de emissiefactoren in de Rav. Voor een afdeling met 100 dieren en een oppervlakte per dier van 0,70 m² is de totale ammoniakemissie uit de afdeling volgens de Rav 250 kg/jaar. Bij

vergroting van het oppervlak per dier naar 1,0 m² zal de emissie per dier stijgen van 2,5 naar 3,5 kg/jaar. De ammoniakemissie uit de afdeling, waar nog maar 70 dieren zijn gehuisvest, zal dalen van 250 naar 245 kg/jaar.

Betere groei en voerconversie en het mesten van beren

Berekeningen tonen aan dat de groei en voerconversie bij vleesvarkens slechts een gering effect hebben op de ammoniakemissie en daardoor geen belangrijke maatregel zijn om de ammoniakemissie terug te dringen. Voor biggen zal hetzelfde gelden. Berekeningen tonen ook aan dat het mesten van beren niet zoveel effect heeft op de ammoniakemissie. Dit effect zal voor een belangrijk deel verloren gaan of zelfs negatief worden als beren voer krijgen met een hoger eiwitgehalte.

Eerder afleveren

De ammoniakemissie neemt toe bij het zwaarder worden van vleesvarkens. Uit berekeningen blijkt dat de ammoniakemissie met ca. 20% afneemt wanneer vleesvarkens worden afgeleverd op een gewicht van 100 kg in plaats van 115 kg (Aarnink *et al.*, 2010).

Doorschuiven

De oppervlaktebehoefte van groeiende dieren hangt samen met de omvang van die dieren. Deze neemt toe met het gewicht. Bij verhoging van de oppervlakte per vleesvarkens tot 1 m² kan het aantrekkelijk zijn om de dieren bij een bepaald gewicht (85 kg) door te schuiven naar grotere hokken. Door varkens éénmalig te verschuiven bij een gewicht van ca. 85 kg, kan ongeveer 2/3 deel van de varkens worden gehuisvest op een oppervlakte van 0,8 m² per dier, terwijl de zware varkens (1/3 deel) kunnen worden gehuisvest bij 1,0 m². Dit geeft een verlaging van de ammoniakemissie in traditionele stallen van 3,5 naar 2,8 kg per vleesvarkenplaats per jaar (Aarnink *et al.*, 2010).

2.3 Leghennen

2.3.1 Huisvestingsmaatregelen

2.3.1.1 Beschikbare maatregelen

In tabel 14 zijn de beschikbare maatregelen (opgenomen in de Rav) voor leghennen weergegeven met de emissiefactor en of die factor kleiner of gelijk is aan de huidige maximale emissiewaarden in Besluit huisvesting. Aan deze lijst worden enkele malen per jaar nieuwe systemen toegevoegd. Zie voor de meest recente lijst de hyperlink: www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak/stalbeschrijvingen.

Veel maatregelen zijn gericht op het snel drogen en/of afvoeren van de mest. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal aanmerkelijk verlaagd. Dit is ook gunstig voor de luchtkwaliteit in de stal (Ellen en van Harn, 2005; Ellen *et al.*, 2010). Naast huisvestingsmaatregelen in de stal zijn diverse zogenaamde nageschakelde technieken beschikbaar in de vorm van chemische, biologische en gecombineerde luchtwassers. Voordeel van luchtwassers is dat de emissiereductie hoog is. Nadelen zijn dat de luchtkwaliteit in de stal niet verbeterd en dat het energieverbruik toeneemt.

Tabel 14 Beschikbare maatregelen (in de Rav) bij leghennen voor reductie van de ammoniakemissie (kg NH₃ per dierplaats per jaar).

Rav code	maatregel	Ammoniak-emissie	BBT niveau
E 2.100	Overigehuisvestingssystemen	0.315	Nee
E 2.5.5	verrijkte kooien met mestbandbeluchting (0,7 m3 per dier per uur) (BWL 2005.02) 6	0.03	Nee
E 2.5.6	koloniehuisvesting met mestbandbeluchting (0,7 m3 per dier per uur) (BWL 2009.10.V1) 6	0.03	Nee
E 2.7	grondhuisvesting van legrassen (circa 1/3 strooiselvloer + circa 2/3 roostervloer) (BWL 2001.09) 11	0.315	Nee
E 2.8	grondhuisvesting met beluchting onder gedeeltelijk verhoogde roostervloer (perfosysteem) (BWL 2010.21.V1) 11	0.11	BBT+
E 2.9	grondhuisvesting met mestbeluchting via buizen onder de beun (BWL 2001.10.V1) 11	0.125	BBT
E 2.10	chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie; (BWL 2001.35.V1) 3,11	0.032	BBT+
	chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie; (BWL 2007.08.V2) 3,11	0.032	BBT+
E 2.11	volièrehuisvesting (voor nageschakelde technieken: zie E 6).		
E2.11.1	minimaal 50% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters in minimaal twee etages. (BWL 2004.09.V1) 6,10,11	0.09	BBT+
E2.11.2	50% van de leefruimte is rooster met daaronder een mestband met beluchting. Mestbanden minimaal tweemaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages. (BWL 2004.10.V1) 6,10,11	0.055	BBT+
E2.11.3	30-35 % van de leefruimte roosters met daaronder een mestband met 0,7 m3 per dier per uur mestbeluchting. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages. (BWL 2005.04.V1) 6,10,11	0.025	BBT+
E2.11.4	55-60 % van de leefruimte roosters met daaronder een mestband met 0,7 m3 per dier per uur mestbeluchting. Mestbanden minimaal eenmaal per week afdraaien. Roosters minimaal in twee etages. (BWL 2005.05.V1) 6,10,11	0.037	BBT+
E 2.12	scharrelhuisvesting (voor nageschakelde technieken: zie E 6).		
E 2.12.1	Scharrelstal in twee verdiepingen met mestbanden onder de roosters (twee maal per week afdraaien), bezetting 9 dieren per m2 (BWL 2004.11) 6,11	0.068	BBT+
E 2.12.2	scharrelhuisvesting met frequente mest- en strooiselverwijdering (BWL 2004.12) 6,11	0.106	BBT+
E 2.13	biologischluchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie (BWL 2006.03.V1) 3,11	0.095	BBT+
	biologischluchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie (BWL 2009.13) 3,11	0.095	BBT+

2.3.1.2 maatregelen

Maatregel	Status	Ammoniakemissie	BBTniveau
Koloniehuisvesting met meer beluchting en hogere temperatuur lucht	Proefstal	0,017 kg/pl/jr	BBT++
Techniek met extra roostervloer met daarop champignondoek (onder de beun). Mest opvangen op doek en beluchten. Mest 1x/week verwijderen d.m.v. doek.	Idee	?	?
Variant op beluchten door middel van buizen: alleen aan weerszijden van de legnesten. Staat in de Rav voor VKOD onder E 4.4.3. Zou voor leghennen ook kunnen.	zie RAV VKOD*	0,150 kg/pl/jr	nee
Mixluchtkokers door roosters van de beun en daarmee mest drogen. Komt in de Rav voor VKOD onder E 4.4.4. Zou ook voor leghennen kunnen.	zie RAV VKOD*	0,150 kg/pl/jr	nee

* zie RAV VKOD: systeem zal waarschijnlijk in de Rav komen op basis van de beschrijving voor vleeskuikenouderdieren (VKOD).

2.3.2 Voer- en managementmaatregelen

2.3.2.1 Mogelijke maatregelen

Voor pluimvee zijn de mogelijkheden om via voeding de emissie van ammoniak uit stallen te beïnvloeden recentelijk op een rij gezet door Veldkamp *et al.* (2012). Er moet naar de diverse mogelijkheden nog onderzoek plaatsvinden om de effectiviteit van de verschillende maatregelen onder Nederlandse productie- en huisvestingsomstandigheden vast te stellen. Deze omstandigheden zijn vaak sterk verschillend van die in andere landen. Zo wordt in de USA bij vleeskuikens het strooisel vaak niet ververst tussen rondes. Dit heeft grote consequenties voor effecten van maatregelen die de samenstelling van het strooisel beïnvloeden.

Verlagen eiwitgehalte met aanvullende aminozuursupplementen

Het verlagen van het (ruw)eiwitgehalte ten opzichte van de huidige standaard met minimaal 1,5% leidt tot minder ammoniakverliezen uit de mest. Ter voorkoming van tegenvallende technische resultaten is aanvulling nodig van vrije aminozuren. Het standaard ruweiwitgehalte in leghennenvoer is afhankelijk van de leeftijd en varieert van 21,0 tot 17,5%. Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen/gemiddelden.

Tabel 15 Overzicht van voerfasen (leeftijd in weken) en de huidige, algemeen gehanteerde ruw eiwitgehalten voor leghennen.

Leeftijd (weken)	0-4	5-8	9-16	17- 20 [†]	20-28	29-45	46-65	>65
Ruw eiwit (%)	21.0	18.5	14.5	17.5	18.0	19.6	18.4	17.8

[†] Leeftijd waarop 5% productie wordt gerealiseerd

Gedeeltelijk vervangen van calciumcarbonaat door calciumsulfaat of calciumchloride

Het is op dit moment onduidelijk of het mogelijk is om calcium in het pluimveevoer in de vorm van CaCO_3 (gedeeltelijk) te vervangen door CaSO_4 of CaCl_2 . Verder is het onduidelijk wat hiervan het effect is op de ammoniakemissie. Diverse onderzoeken geven wel een verlaging van de ammoniakemissie, maar vaak zijn ook andere factoren gewijzigd in de betreffende experimenten (Veldkamp *et al.*, 2012). Bij een te hoge dosering van deze calciumzouten bestaat een risico op botontkalking. Bij gebruik van calciumsulfaat bestaat het risico dat de geuruitstoot toeneemt als er uit het sulfaat H_2S en andere stinkende zwavelverbindingen gevormd worden. De effecten en neveneffecten in relatie tot de dosis (g/kg voer) zullen nog onderzocht moeten worden.

Verfijning fasevoeding (groter aantal voerfasen)

Een systeem met minimaal 6 voerfasen tijdens de legperiode, op basis van verteerbaar lysinegehalte, leidt tot een betere eiwit efficiëntie en daarmee geringere ammoniakverliezen. Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen/gemiddelden.

Elektrolyten en elektrolytenbalans

De gehalten aan natrium (Na), chloor (Cl) en kalium (K) in het voer zijn van invloed op de waterconsumptie van de dieren en daarmee indirect op het drogestofgehalte van de mest. Na, Cl en K zijn voor het dier essentiële nutriënten. De gehalten aan Na en Cl in de grondstoffen zijn in het algemeen laag t.o.v. de behoefte; daarom vindt aanvulling plaats met natriumchloride. Het gehalte aan kalium ligt doorgaans ver boven de behoefte van het dier. Door het aandeel kaliumrijke grondstoffen (bijv. sojaschroot) te beperken kan men het kaliumgehalte in het voer beperken. De kationen natrium (Na^+), kalium (K^+) en het anion chloride (Cl^-) worden voor bijna 100% geabsorbeerd in de dunne darm, onafhankelijk van de concentratie in het voer. Als de opname groter is dan de behoefte, dit geldt met name voor Na^+ en K^+ , zullen dieren meer water opnemen om uitscheiding van de overmaat aan ionen via de nieren te bewerkstelligen. Naast de totale hoeveelheid Na^+ , K^+ en Cl^- speelt ook de verhouding, de zogenaamde elektrolyten balans (DEB; berekend als de concentratie $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ (meq/kg) in het voer), tussen deze ionen een rol. Deze is essentieel voor fysiologische regulatie van de osmotische druk en het zuur-base evenwicht (bloed pH). Een lagere DEB zal resulteren in een lagere bloed-pH en dit resulteert in een lagere pH van urine, en bij pluimvee dus ook van mest. Doordat de mest een lagere pH krijgt zal NH_3 worden omgezet in NH_4^+ . NH_4^+ is water-oplosbaar en vervluchtigt niet.

Verlaging van de elektrolyten balans van het voer kan zo bijdragen aan vermindering van de ammoniakemissie.

Verlagen eiwitgehalte+CaSO₄-zeoliet

Verlagen van het (ruw) eiwitgehalte ten opzichte van de standaard met minimaal 1,7% en toevoegen van 6,9% CaSO₄-zeoliet in het voer leidde tot minder ammoniakverliezen uit de mest. Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen/gemiddelden.

Fermenteerbare koolhydraten

Bevorderen van de uitscheiding van stikstof als microbieel eiwit is ook een optie om de ammoniakemissie te reduceren. Microbieel eiwit wordt niet of veel langzamer dan urinezuur omgezet in NH₃ en draagt dus veel minder of niet bij aan de ammoniakemissie. Een voerfactor voor bevorderen van de uitscheiding van microbieel eiwit is het verstrekken van fermenteerbare koolhydraten. Fermenteerbare koolhydraten worden niet verteerd, maar kunnen worden afgebroken door bacteriën in de dikke darm. De bacteriën hebben stikstof nodig voor hun eiwitsynthese (groei) en dit is deels afkomstig van stikstof dat vanuit het bloed wordt getransporteerd naar de darmwand – stikstof dat anders als urinezuur zou worden uitgescheiden. De totale uitscheiding van stikstof wordt niet minder door het verstrekken van fermenteerbare koolhydraten, maar het fecale stikstof wordt uitgescheiden als microbieel eiwit. Daarnaast heeft de microbiële fermentatie van de fermenteerbare koolhydraten effect op de pH van de mest door productie van vluchtige vetzuren. Doordat de mest een lagere pH krijgt zal een groter deel van de NH₃ worden omgezet in NH₄⁺, dat niet uit de mest vervluchtigt. Nadeel van een hoger gehalte aan fermenteerbare koolhydraten in het voer is dat de nutriëntenverteerbaarheid lager wordt. Hierdoor kan de totale stikstofuitscheiding toenemen.

Additieven

Het toevoegen van bepaalde additieven aan het voer kan bijdragen aan een vermindering van de ammoniakemissie. Er zijn bijvoorbeeld voeradditieven die een gunstige darmflora bewerkstelligen (probiotica) en hiermee de vorming van NH₃ wellicht verminderen. Ook zijn er voeradditieven die een neutraliserende werking hebben doordat ze ammoniak kunnen binden.

Toevoeging van *Bacillus subtilis* culturen kan leiden tot lagere ammoniakemissies. Het micro-organisme *Bacillus subtilis* produceert subtilin. Subtilin reduceert de urease-producerende microflora in het darm lumen, waardoor de NH₃-vorming in het spijsverteringskanaal wordt gereduceerd. Onderzoeken in het buitenland bij vleeskuikens (Santoso *et al.*, 1999) en kalkoenen (Blair *et al.*, 2004) gaven lagere ammoniakemissies.

Het gebruik van een mengsel van *Lactobacillus* soorten (Ecozyme) leidde tot een lagere pH en vochtgehalte van de mest. Dit is waarschijnlijk de reden dat de ammoniakemissie verlaagd werd (Chang en Chen, 2003). Het experiment is echter uitgevoerd in batterijkooien met een betrekkelijk klein aantal dieren. Het gebruik van deze lactobacillicultuur in strooiselstallen is niet onderzocht.

Er is slechts één onderzoek bekend met het toevoegen van gisten. In dit onderzoek (Park *et al.*, 2003) werd een reductie van de ammoniakemissie bereikt van 44% bij het toevoegen van 0,4% gistcultuur.

Zeolieten zijn in het verre verleden ontstaan uit vulkaanas dat werd afgekoeld door zeewater. Zeolieten bezitten in beginsel het vermogen om water en bepaalde stoffen te absorberen. Door ionenuitwisseling kunnen zeolieten schadelijke kationen (o.a. ammoniak, Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Cr, Mn en Fe) en nitraten en fosfaten absorberen en binden. Gelet op deze eigenschappen kan het gebruik van zeolieten als veevoederadditief leiden tot een verbetering van de mestconsistentie, voerefficiëntie, verhoogde vitaliteit en mogelijk ook tot een vermindering van de ammoniakemissie uit pluimveestallen. Zeoliet is een kleimineraal dat, toegevoegd aan het voer, ammoniak kan absorberen. Op deze manier kan worden voorkomen dat NH₃ in de lucht komt en kan toevoeging van zeoliet aan pluimveevoer een bijdrage leveren aan de vermindering van de ammoniakemissie. Onderzoeken waarbij zeolieten werden toegevoegd aan voer en/of strooisel gaven echter wisselende resultaten. Ook werden andere factoren (o.a. eiwitgehalte) aangepast, waardoor het effect op de ammoniakemissie in die onderzoeken niet volledig aan de zeolieten toegeschreven kon worden (Veldkamp *et al.*, 2012).

Het extract van de yuccaplant, *Yucca saponine*, kan de urease-activiteit verlagen en ammoniak binden. De-Odorase® is een commercieel poeder van *Yucca shidigera* extract. De zogenaamde glyco-componenten in het extract kunnen ammoniak binden. Het gebruik van dit extract als veevoederadditief kan leiden tot een vermindering van de NH₃-emissie uit pluimveestallen. Dit is in een aantal onderzoeken aangetoond (Veldkamp *et al.*, 2012).

Tabel 16 Voermaatregelen bij leghennen

Maatregel	status	Ammoniak-reductie	BBT niveau
Voedingsmaatregelen			
Verlaging eiwitgehalte	aanbev	10 – 50 %	niet*/BBT+
Gedeeltelijke vervanging van CaCO ₃ door CaCl ₂	aanbev	10 – 20 %	niet*
CaCO ₃ → CaSO ₄	Optie	10 – 20 %	niet*
Kleimineralen	optie	10%	niet*
Yucca-extracten	optie	10 - 40 %	niet*/BBT
Micro-organismen (Gisten, algen, lactobacilli)	optie	10 - 40 %	niet*/BBT
Kation/anion balans	aanbev	5 – 10 %	niet*
Drogere mest	aanbev	10 - 30 %	niet*

Deze maatregelen kunnen in combinatie met andere maatregelen het BBT niveau bereiken.

Managementmaatregelen

Door keuzes te maken in de bedrijfsvoering kan een pluimveehouder de emissie van ammoniak beïnvloeden. Er zal geen emissie van ammoniak zijn als er geen dieren (eigenlijk geen mest) aanwezig zijn in de stal. Door minder dieren te houden op jaarbasis verlaagt de veehouder de emissie.

Er is veel variatie in de ammoniakemissie (en andere gasvormige emissies) tussen bedrijven. Er is door Harn *et al.* (2012) een inschatting gemaakt van het effect van zowel eerder afleveren als van langere leegstand. Het eerder afleveren van de leghennen heeft slechts een gering effect op de ammoniakemissie. Door de leegstand te verlengen tot 10 weken wordt bij traditionele scharrelhuisvesting een berekende reductie gerealiseerd van 10%. In plaats van een emissie van 315 gram/dierplaats/jaar wordt de emissie 284 gram/dierplaats/jaar.

Maatregel	status	Ammoniak-reductie	BBT niveau
Managementmaatregelen			
• Snijmaïssalstrooisel	aanbev	10 – 50 %	niet*
• (Regelmatig) vervangestrooisel	aanbev	30 – 60 %	niet*
• Stal leeg laten (= minder dieren opzetten)	aanbev	10 – 50 %	niet*

Deze maatregelen kunnen in combinatie met andere maatregelen het BBT niveau bereiken.

2.4 Vleeskuikens

2.4.1 Huisvestingsmaatregelen

2.4.1.1 Beschikbare maatregelen

In tabel 17 zijn de beschikbare maatregelen (opgenomen in de Rav) voor vleeskuikens weergegeven met de emissiefactor en of die factor kleiner of gelijk is aan de huidige maximale emissiewaarden in Besluit huisvesting. Aan deze lijst worden enkele malen per jaar nieuwe systemen toegevoegd. Zie voor de meest recente lijst de hyperlink: www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak-en/regeling-ammoniak/stalbeschrijvingen.

Veel maatregelen zijn gericht op het snel drogen van de mest. Hierdoor wordt de ammoniakemissie uit de stal aanmerkelijk verlaagd. Dit is ook gunstig voor de luchtkwaliteit in de stal.

Naast huisvestingsmaatregelen in de stal zijn diverse zogenaamde nageschakelde technieken beschikbaar in de vorm van chemische, biologische en gecombineerde luchtwassers. Voordeel van luchtwassers is dat de emissiereductie hoog is. Nadelen van deze nageschakelde technieken zijn dat de luchtkwaliteit in de stal niet verbetert en het energieverbruik toeneemt.

2.4.1.2 Mogelijke maatregelen

Maatregel	status	Ammoniak-reductie
Integrale luchtconditionering en -zuivering (TerraSea)	Proefstal	0,020 kg/pl/jr

Een maatregel die op dit moment een proefstalstatus heeft en doorgemeten wordt ten aanzien van de ammoniakemissie is het TerraSea systeem. In dit systeem wordt de inkomende lucht geconditioneerd, waardoor er relatief weinig hoeft te worden geventileerd, en de uitgaande lucht wordt gezuiverd met een luchtwasser. Nadeel van dit systeem is dat de investeringskosten hoog zijn.

Tabel 17 Beschikbare maatregelen bij vleeskuikens (in de Rav) die de ammoniakemissie (in kg NH₃ per dierplaats per jaar) uit de stal verlagen.

Rav code	maatregel	Ammoniak-emissie
E 5.100	Overige huisvestingssystemen	0.08
E 5.1	Zwevende vloer met strooiseldroging (Groen Label BB 93.03.002; BB 93.03.002/A 94.04.017V1; BB 93.03.002/B 96.04.034; BB 93.03.002/C 96.10.048)	0.005
E 5.2	Geperforeerde vloer met strooiseldroging (Groen Label BB 94.04.016; BB 94.04.016/ A 96.10.047)	0.014
E 5.4	chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie, (BWL 2008.13.V1; BWL 2001.35.V1) 3	0.008
E 5.4	chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie, (BWL 2007.08.V2) 3	0.008
E 5.5	grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling (BWL 2001.11)	0.045
E 5.6	vleeskuikenstal met mixluchtventilatie (BWL 2005.10.V2)	0.037
E 5.7	biologisch luchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie (BWL 2006.03.V1) 3	0.024
	biologischluchtwassysteem 70% ammoniakemissiereductie (BWL 2009.13) 3	0.024
E 5.8	etagesysteem met mestband en strooiseldroging (BWL 2006.13) 6 (voor nageschakelde technieken: zie E 6)	0.02
E 5.9	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens met aparte vervolghuisvesting	
E 5.9.1	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens in etages met vervolghuisvesting	
E 5.9.1.1	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting	
E 5.9.1.1.1	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.5 (grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling) (BWL 2009.02) 12	0.04

Rav code	maatregel	Ammoniak-emissie
E 5.9.1.1.2	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.6 (vleeskuikenstal met mixluchtventilatie) (BWL 2009.03) 12	0.033
E 5.9.1.1.3	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.8 (etagesysteem met mestband en strooiseldroging) (BWL 2009.04) 6,12 (voor nageschakelde technieken: zie E 6)	0.018
E 5.9.1.1.4	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E 5.10 (stal met verwarmingssysteem met warmwaterheaters en ventilatoren) (BWL 2009.15) 12	0.031
E 5.9.1.1.100	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.100 (overige huisvestingsystemen) (BWL 2009.08) 12	0.07
E 5.9.1.2	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting	
E 5.9.1.2.1	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.5 (grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling) (BWL 2009.05) 13	0.038
E 5.9.1.2.2	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.6 (vleeskuikenstal met mixluchtventilatie) (BWL 2009.06) 13	0.033
E 5.9.1.2.3	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.8 (etagesysteem met mestband en strooiseldroging) (BWL 2009.07) 6,13 (voor nageschakelde technieken: zie E 6)	0.015

Rav code	maatregel	Ammoniak-emissie
E 5.9.1.2.4	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E 5.10 (stal met verwarmingssysteem met warmwaterheaters en ventilatoren) (BWL 2009.16) 13	0.03
E 5.9.1.2.100	uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen in stal met etages en vervolghuisvesting in E.5.100 (overige huisvestingsystemen) (BWL 2009.09) 13	0.06
E 5.10	stal met verwarmingssysteem met warmteheaters en ventilatoren (BWL 2009.14.V1)	0.035
E 5.11	warmtewisselaar met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag (BWL 2010.13)	0.045

2.4.2 Voer- en managementmaatregelen

Tabel 18 Mogelijke maatregelen bij leghennen

maatregel	status	% reductie	BBT
Voedingsmaatregelen			
Verlagingeiwitgehalte	aanbev	10 – 50 %	niet*/BBT+
$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2$	optie	10 – 20 %	niet*
$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4$	optie	10 – 20 %	niet*
Kation/anion balans	aanbev	5 – 10 %	niet*
Kleimineralen	optie	10%	
Yucca-extracten	optie	10 - 40 %	
Micro-organismen (Gisten, algen, lactobacilli)	optie	10 - 40 %	
Simpele huisvesting-maatregelen			
ScanFeeder met beluchting	aanbev	40 - 50%	BBT+
Watergordijn / waterverneveling	aanbev	10 – 30 %	niet*
Toevoeging aluminium-sulfaat/aluminiumchloride aan strooisel	aanbev	25 – 50 %	niet*/BBT+
Warmtewisselaar	R&D	10 – 60 %	niet*/BBT+
Managementmaatregelen			
Snijmaïsalstrooisel	optie	10 – 50 %	niet*/BBT+
Stal leeg laten staan (= minder dieren opzetten)	bereken	10 – 50 %	niet*/BBT+
Tussentijdsverwijderenstrooiselmest (24- 28 dagen)	aanbev	20-30%	niet
Kuikenmerk (overschakeling van snelgroeiend naar traaggroeiend kuiken)	aanbev	10 – 30 %	niet*/BBT+
Eerder afleveren	bereken	15 – 25 %	niet*

*Deze maatregelen kunnen in combinatie met andere maatregelen het BBT niveau bereiken.

Verlagen eiwitgehalte + aanvulling vrije aminozuren

Het standaard ruw eiwitgehalte in vleeskuikenvoer is afhankelijk van de leeftijd en neemt af van gemiddeld 22% naar 19%. Om het borstvleespercentage te vergroten wordt soms een hoger eiwitgehalte aangehouden. Verlagen van het (ruw)eiwitgehalte ten opzichte van de huidige standaard met minimaal 2% is een perspectiefvolle voermaatregel. Om slechtere technische resultaten te voorkomen is aanvulling in het voer nodig van de limiterende aminozuren in de vorm van vrije (synthetische) aminozuren. Controle van deze voermaatregel is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen en gemiddelden.

Tabel 19 Overzicht van voerfasen (leeftijd in dagen) en de huidige, algemeen gehanteerde ruweiwitgehalten voor vleeskuikens.

Leeftijd (dagen)	0-10	11-28	29-35
Ruw eiwit (%)	22.0	21.0	19.0

Verfijning fasevoeding (meer voerfasen)

Bij fasevoeding wordt de nutriëntenvoorziening gedurende onderscheiden fasen in de productieperiode afgestemd op de zich wijzigende behoefte van het dier. Daarbij kan een overmaat aan eiwit en aminozuren zoveel mogelijk voorkomen worden. Dit resulteert in een verminderde uitscheiding van urinezuur en hierdoor een verminderd risico op de vorming van NH_3 . Naarmate meer fasen worden toegepast kan deze afstemming worden verbeterd. Fasevoeding kan verfijnd worden tot minimaal 6 fasen tijdens de groeiperiode, op basis van het verteerbaar lysinegehalte. Controle is mogelijk via de overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen en gemiddelden.

Bijvoeren hele tarwe

Het aandeel tarwe wordt bepaald door de eiwitgift af te stemmen op de behoefte. De behoefte is afhankelijk van de op het bedrijf gerealiseerde groei en de mestconsistentie. Mogelijk is compensatie nodig in de vorm van vrije aminozuren voor tegenvallende technische resultaten. Deze maatregel kan alleen controleerbaar toegepast worden bij voeding van tarwe die is aangeleverd via een voerleverancier. Controle is mogelijk via overzichten van de voerleverancier waarop de eiwitgehalten zijn weergegeven, samen met de andere grondstoffen en samenstelling. Per bedrijf is een overzicht per jaar op te stellen met totalen/gemiddelden

Toepasssen snijmaïssilage als strooisel

In plaats van houtkrullen bestaat het strooiselmateriaal bij aanvang van de ronde uit snijmaïssilage. Door de aanzurende werking van de silage wordt de ammoniakemissie beperkt (Harn *et al.*, 2009). Controle is mogelijk via aankoopbonnen van snijmaïssilage.

Eerder slachten en langere leegstand

Ten aanzien van de emissie van ammoniak uit vleeskuikenstallen is er een duidelijke relatie met de leeftijd (en daarmee gewicht) van de dieren. Uit alle metingen die zijn gedaan bij vleeskuikenstallen blijkt dat de emissie in het begin van de groeiperiode erg laag is en vanaf dag 14-19 begint op te lopen (afhankelijk van seizoen). Er zijn door Veldkamp *et al.* (2012) berekeningen uitgevoerd om het effect op de ammoniakemissie te kwantificeren van eerder slachten (per dag van 30 tot 37 dagen) en langere leegstandsperioden tussen de ronden (10-20 dagen leegstand). Het blijkt dat de emissie per dierplaats per jaar duidelijk afneemt als de dieren eerder worden afgeleverd en ook als de periode van leegstand tussen twee ronden langer wordt. Dit zal moeten worden afgewogen tegen het nadeel van verminderde opbrengsten.

Minder dieren in de stal

De emissiefactor voor ammoniak vanuit de reguliere vleeskuikenhouderij is vastgesteld uitgaande van een bezetting bij opzetten van de dieren tussen 18 en 24 dieren/m². Een lagere bezetting heeft een groter emitterend oppervlak per dier tot gevolg, waardoor de emissie per dierplaats mogelijk toe zal nemen. Door het grotere oppervlak kan, samen met meer luchtbeweging via de mechanische ventilatie, de mest echter sneller indrogen, waardoor de vorming van ammoniak in de mest minder snel op gang komt. Door het indrogen treedt ook minder broei op. Zowel het sneller drogen als de afwezigheid van broei heeft een afname van de ammoniakemissie tot gevolg. Belangrijk daarbij is echter ook de structuur van de mest. Als door het hogere ds-gehalte de mest minder dicht wordt (minder plaatvorming) kan de gevormde ammoniak gemakkelijker uit de poreuzere mest vrij komen. Dit aspect kan nog belangrijker worden als door de activiteit van de dieren de mest ook rul(ler) wordt gehouden. Bij een voldoende hoog ds-gehalte (>80%) zal de ammoniakemissie echter lager zijn. Niet bekend is wat het totale effect is op de ammoniakemissie, maar de verwachting is dat de emissie per dierplaats hierdoor licht zal toenemen. De emissie op bedrijfsniveau zal dus minder afnemen dan verwacht mag worden volgens de berekening van het aantal dieren maal de emissiefactor.

Eén-leeftijdssysteem versus twee-leeftijdensysteem

Hoewel het één-leeftijdssysteem ("all-in-all-out") om hygiëneredenen en geringere arbeidsbehoefte de voorkeur geniet, is het twee-leeftijdensysteem vanuit economisch oogpunt interessanter. Bij dit systeem wordt zuiniger omgesprongen met energie en kunnen de investeringskosten per dierplaats aanmerkelijk lager zijn. Bij het twee-leeftijden systeem wordt per jaar veel vaker, maar per keer de helft minder dieren opgezet dan bij het all-in/all-out systeem. Na de opfokperiode (2 – 5 weken, afhankelijk van de pluimveesoort) worden de dieren van de opfokstal overgeplaatst naar de afmeststal. De dieren worden hierbij geplaatst op schoon strooisel. Hierdoor mag verwacht worden dat het weer enige tijd duurt voordat de vorming van ammoniak op gang komt. Om deze reden en omdat het aantal vierkante meter staloppervlak bij het tweeleeftijden systeem geringer is, mag verwacht worden dat de ammoniakemissie bij het tweeleeftijden systeem lager is. Bij eenden was de ammoniakemissie per afgeleverde eend bij het tweeleeftijden systeem circa 12% lager dan bij het all-in/all-out systeem (Wever en Hol, 1999). Deze reductie was veel lager dan verwacht op basis van het beginnen op een nieuwe laag strooisel. Bij vleeskuikens en kalkoenen zijn voor zover bekend geen metingen verricht waaruit een lagere emissie kan worden bepaald.

Gescheiden mesten hanen/hennen

Bij vleeskuikens is het gebruikelijk dat mannetjes en vrouwtjes gezamenlijk worden gehouden. Mannelijke en vrouwelijke dieren hebben verschillende nutriëntenbehoeften: vrouwtjes hebben een

lagere eiwitbehoefte dan mannetjes. Door mannetjes en vrouwtjes apart te houden is het mogelijk het dier beter naar behoefte te voeren. Hierdoor wordt voorkomen dat de dieren in bepaalde leeftijdsfasen een teveel aan nutriënten (m.n. eiwit) wordt verstrekt. Hierdoor wordt er ook minder stikstof uitgescheiden en zal mogelijk ook de ammoniakemissie lager uitvallen.

De kosten voor het seksen (= het scheiden van haantjes en hennetjes op de broederij) wegen vaak niet op tegen de besparing aan voerkosten en het uiteindelijke financiële resultaat. Het gescheiden mesten van hanen en hennen wordt interessanter als de hanen worden geslacht op een hoger gewicht, hier moet echter wel een markt voor zijn.

Literatuur

- Aarnink, A.J.A. en Verstegen, M.W.A., 2007. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Science* 109 (1-3): 194 - 203
- Aarnink, A. J. A., J. M. G. Hol, en G. M. Nijeboer. 2008. Ammonia emission factor for using benzoic acid (1% Vevovital) in the diet of growing-finishing pigs. *Animal Sciences Group report* 133.
- Aarnink, A.J.A., M.C.J. Smits en I. Vermeij, 2010. Reductie van ammoniakemissie op vleesvarkensbedrijven via gecombineerde maatregelen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 366.
- Aarnink, A.J.A., M.C.J. Smits, J. van Harn, N.W.M. Ogink, 2011. Plan van aanpak combimaatregelen voor emissiereductie in de veehouderij. Vertrouwelijk rapport
- Anonymous, 2010. Livestock feeding strategies. In: UNECE Guidance document for preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources.
- Blair, E.C., H.M. Allen, S.E. Brooks, J.D. Firman, D.H. Robbins, K. Nishimura, H. Ishimaru. 2004. Effects of Calsporin® on turkey performance, carcass yield and nitrogen reduction. *International Journal of Poultry Science* 3: 75-79.
- Canh, T.T. et al. 1998a. Influence of electrolyte balance and acidifying calcium salts in the diet of growing-finishing pigs on urinary pH, slurry pH en ammonia volatilisation from slurry. *Livest. Prod. Sci.* 56: 1-13.
- Canh, T. T. et al. 1998b. Dietary protein affects nitrogen excretion en ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 56: 181-191.
- Canh, T. T. et al. 1998c. Effect of dietary fermentable fibre from pressed sugar-beet pulp silage on ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Animal Science* 67: 583-590.
- Canh, T. T. et al. 1998d. Dietary carbohydrates alter the faecal composition en ph en ammonia emission from slurry of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 76: 1887-1895
- Dooren, H.J.C. van & M.C.J. Smits, 2009. Kelderlucht afzuigen uit melkveestallen lijkt perspectiefvol. *V-focus* (3): 14 - 16.
- Ellen, H. H. & J. v. Harn, 2005. Inventarisatie mogelijkheden reductie ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Praktijkonderzoek Pluimveehouderij, Beekbergen. *Praktijk Rapport Pluimvee* 16.
- Ellen, H.H., Ogink, N.W.M., Smits, M.C.J., Vermeij, I., 2010. Aanmerking BBT kleine sectoren. Wageningen UR Livestock Research Rapport 369.
- Frank, B. & C. Swensson, 2002. Relationship Between Content of Crude Protein in Rations for Dairy Cows and Milk Yield, Concentration of Urea in Milk and Ammonia Emissions. *J. Dairy Sci.* 85: 1829-1838.
- Groenestein, C.M., J.F.M. Huijsmans, R.Schils, 2010. Emissies van broeikasgassen, ammoniak, fijn stof en geur in de mestketen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 248.
- Groenestein, C.M., Smits, M.C.J., Huijsmans, J.F.M., Oenema, O., 2011. Measures to reduce ammonia emissions from livestock manures; now, soon and later. Wageningen UR Livestock Research rapport 488.
- Harn, J. van; J. Mosquera Losada, A.J.A. Aarnink, 2009. Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij; Invloed strooiselmateriaal op fijnstof- en ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. *ASG rapport* 218.

Harn, J. van, H.H. Ellen, T. Veldkamp en A.J.A. Aarnink., 2012. Effect van huisvestings- en managementmaatregelen op de ammoniakemissie bij leghennen, vleeskuikens, kalkoenen en eenden. Wageningen UR Livestock Research Rapport 560.

Huijsmans, J.F.M., en Hol, J.M.G., 2011. Ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat op beteeld bouwland en grasland. Wageningen UR Plant Research International Rapport 387.

Huijsmans, J.F.M. & J. Vermeulen, 2008. Emissiefactoren voor ammoniakemissie bij toediening van mest aan grasland en bouwland WOT rapport 70, bijlage 14

Kirchgessner, M., M. Kreuzer, D. A. Roth-Maier, F. X. Roth, en H. L. Muller. 1991. Bestimmungsfaktoren der gullecharakteristik beim schwein. Einfluss von futterungsintensitat und den anteil an unverdaulichen sowie an bakteriell fermentierbaren substanzen (bfs) im futter. Agribiol. Res. 44 (4), p. 325-344.

MDV melkvee, 2011. Maatlat duurzame veehouderij, melkveestallen:
<http://www.smk.nl/nl/s417/SMK/Programma-s/Maatlat-Duurzame-Veehouderij/Certificatieschema-s/c383-Melkveestallen>

MDV varkens, 2011. Maatlat duurzame veehouderij, varkensstallen:
<http://www.smk.nl/nl/s417/SMK/Programma-s/Maatlat-Duurzame-Veehouderij/Certificatieschema-s/c385-Varkensstallen>

MDV pluimvee, 2011. Maatlat duurzame veehouderij, pluimveestallen:
<http://www.smk.nl/nl/s417/SMK/Programma-s/Maatlat-Duurzame-Veehouderij/Certificatieschema-s/c384-Pluimveestallen>

Moeser, A.J. and A. T.G. Van Kempen. 2002. Dietary fibre level and enzyme inclusion affect nutrient digestibility and excreta characteristics in grower pigs. Journal of the Science of Food and Agriculture 82:1606-1613

Monteny, G.J., 2000. Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.

Oltmer, K., E. Hees en C. Rougoor, 2010. Innovatie rond Natura 2000 gebieden; kansen en mogelijkheden voor agrarische gebieden. LEI rapport 2010-056.

Park, J.H., M.S. Ryu, S.H. Kim, C.S. Na, J.S. Kim, K.S. Ryu. 2003. Influence of supplemental dietary yeast culture on the noxious gas emission in broiler houses and performance of broiler chicks. Journal of Animal Science and Technology 45(1): 41 - 48.

RAV overzichten infomil.nl

Smits, M.C.J., H. Valk, G.J. Monteny, A.M. Van Vuuren, 1997. Effect of protein nutrition on ammonia emission from cow houses. Gaseous nitrogen emissions from grasslands, CAB International, p 101-107

Smits, M.C.J., Campen, J.B., Huis in 't Veld, J.W.H., 2008. Emissiereductie door kelderluchtbehandeling in een vleeskalverstal; proof of principle : CFD modelberekeningen en pilot in een afdeling van een kalverhouderij. Wageningen UR, Animal Sciences Group Rapport 179.

Smits, M.C.J, A. Hol, C.M.C. van der Peet-Schwering en A.J.A. Aarnink, 2012. Invloed van eiwitgehalte en toevoeging calciumchloride op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen. Wageningen UR Livestock Research Rapport 588.

Smits, M.C.J., K. van de Belt, P. van der Aar en K. Blanken, 2012. Effect van voereiwitgehalte op ammoniakemissie van vleeskuikens; oriënterende metingen bij vier behandelingsniveaus. Wageningen UR Livestock Research Rapport 585.

Spek, J.W., Bannink, A. en J. Dijkstra, 2009. Kengetal ureumgehalte beter benutten. *Veeteelt* 26 (6). - p. 28 - 29.

Tamminga, S., L. Sebek, W. Bussink, J. Huijsmans, A. van Pul, G. Velthof, 2009. Maatregelen om ammoniakemissie bij bovengronds toedienen van mest te beperken. WOT Natuur & Milieu rapport 2009-01-21.

Van Duinkerken, G., G. André, M.C.J. Smits, G.J. Monteny & L.B.J. Šebek, 2005. Effect of rumen-degradable protein balance and forage type on bulk milk urea concentration and emission of ammonia from dairy cow houses. *J. Dairy Sci.* 88: 1099-1112.

Van Duinkerken, G., M.C.J. Smits, G. André, L.B.J. Šebek & J. Dijkstra, 2011. Milk urea concentration as an indicator of ammonia emission from dairy cow barn under restricted grazing. *J. Dairy Sci.* 94: 321-335 .

Veldkamp, T., L. Star, J.D. van der Klis, J., 2012. Reductie van ammoniakemissie op pluimveebedrijven via voeding. Wageningen UR Livestock Research Rapport 490.

Santoso, U. S. Ohtani, K. Tanaka, M. Sakaida. 1999. Dried *Bacillus subtilis* culture reduced ammonia gas release in poultry house. *Asian Journal of Animal Sciences* 12(5):806-809.

Velthof, G.L., Bruggen, C. van, Groenestein, C.M., Haan, B.J. de, Hoogeveen, M.W., Huijsmans, J.F.M., 2009. Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 70.

Zhang, G., J.S. Strøm, B. Li, H.B. Rom, S. Morsing, P. Dahl, C. Wang, 2005. Emission of ammonia and other contaminant gases from naturally ventilated dairy cattle buildings. *Biosystems Engineering* vol. 92 (3): 355-364.

Bijlagen

Bijlage 1: Kosten combi-maatregelen vleesvarkens (uit rapport Aarnink et al., 2010)

Investeringskosten, jaarkosten en jaarkosten *per 10% ammoniakreductie* voor perspectiefvolle combi-maatregelen (per dierplaats).

Maatregel	Referentie	Verandering	Investering	Jaarkosten	Kosten / (10% NH ₃ reductie)
Verlageneiwitgehalte, g/kg	165	-15		-€ 2,07	-€ 1,38
		-30		€ 5,91	€ 1,97
Toevoeging benzoëzuur (VevoVital [®]), g/kg	0	10		€ 9,94	€ 6,21
CaCO ₃ --> CaSO ₄ , g/kg	0	3		€ 4,38	€ 1,83
		6		€ 8,77	€ 2,50
CaCO ₃ --> CaCl ₂ , g/kg	0	3		€ 4,38	€ 1,83
		6		€ 8,77	€ 2,50
Stankslot, -	geen	wel	€ 12,00	€ 2,00	€ 1,18
Schuineplaat, -	geen	wel	€ 30,00	€ 3,00	€ 0,70
Verdunnen met water ¹⁾ , -	niet	wel	€ 61,00	€ 16,00	€ 3,48
Driekantrooster, -	beton	driekant	€ 10,77	€ 1,87	€ 2,34 ²⁾
Aanzuren H ₂ SO ₄ (Deens systeem), pH	8	<6,0	€ 35,00	€ 9,00	€ 1,29
Balansballen, -	geen	wel	€ 65,00	€ 4,85	€ 1,94
Afdelingen leeg laten, n dieren	1000	-300	€ 0,00	€ 13,57	€ 4,52
Eerderafleveren, kg diergewicht	114	-10	€ 0,00	€ 22,58	€ 11,58
Doorschuiven van varkens ³⁾ , -	niet	bij 85 kg	-€ 1,48	€ 4,73	€ 2,37

1. Bij verdunnen met water zijn de jaarkosten opgesplitst in € 7 voor de investering en € 9 exploitatiekosten (o.a. hogere mestafzetkosten);
2. Gerekend bij een reductie van 8% (0,2 kg/jaar);
3. Bij het doorschuiven van de varkens op 85 kg hebben ze eerst 82 dagen op 0,8 m² gezeten en daarna 34 dagen op 1,0 m². Dit levert een besparing op in huisvestingskosten van € 0,50 per afgeleverd vleesvarken, maar een toename in arbeidskosten in verband met schoonmaken van € 2,20 per afgeleverd vleesvarken.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl